

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки – 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Отделение (НОЦ) – Отделение материаловедения

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Влияние одностенных и многостенных углеродных нанотрубок на свойства циркониевой керамики

УДК- 666.651.5:620.18

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б62	Лю Хаоцэ		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОМ ИШНПТ	Хасанов О.Л.	д.т.н., профессор		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кащук И.В.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А.И.	д.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов	Овечкин Б.Б.	к.т.н., доцент		

Томск – 2020 г.

**«Материаловедение и технологии материалов»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять основные положения и методы гуманитарных наук при решении социально-общественных и профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P2	Использовать современное информационное пространство при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P3	Разрабатывать, оформлять и использовать техническую документацию, включая нормативные документы по вопросам интеллектуальной собственности в области материаловедения и технологии материалов
P4	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P5	Эффективно работать в коллективе на основе принципов толерантности, использовать устную и письменную коммуникации на родном и иностранном языках в мультикультурной среде.
P6	Эффективно выполнять трудовые функции по реализации высокотехнологичных производств материалов и изделий
P7	Проводить комплексную диагностику материалов, процессов и изделий с использованием технических средств измерений, испытательного и производственного оборудования
P8	Готовность к мотивированному саморазвитию, самоорганизации и обучению для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии материалов
P9	Успешно использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически, социально и технически безопасное производство

P10	Использовать принципы производственного менеджмента и управления персоналом в производственной деятельности в области материаловедения и технологии материалов
-----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки – 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Отделение (НОЦ) – Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____	_____	<u>Овечкин Б.Б.</u>
(Подпись)	(Дата)	(Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### На выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(Бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
154Б62	Лю Хаоцэ

Тема работы:

Влияние одностенных и многостенных углеродных нанотрубок на свойства циркониевой керамики
-------------------------------------------------------------------------------------------

Утверждена приказом директора (ИШНПТ)	№ 59-87/с от 28.02.2020
---------------------------------------	-------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1 июня 2020
------------------------------------------	-------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	Исследование керамических композитов на основе диоксида циркония с добавками углеродных нанотрубок.
---------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Исследование морфологии исходных материалов. 2. Приготовление и исследование композиционных порошков $ZrO_2$ + углеродные нанотрубки. 3. Получение спеченных композитов одноосным прессованием с последующим свободным спеканием. 4. Исследование микроструктуры и фазового состава спеченных композитов. 5. Изучение влияния различных концентраций добавок на относительную плотность, микротвердость и трещиностойкость композитов.
<b>Перечень графического материала</b>	-
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук Ирина Вадимовна, к.т.н, доцент, доцент
Социальная ответственность	Сечин Александр Иванович, д.т.н., профессор ООД ШБИП

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	1 июня 2020
-------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОМ ИШНПТ	Хасанов О.Л.	д.т.н., профессор		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б62	Лю Хаоцэ		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА**  
**«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ**  
**И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
154Б62	Лю Хаоцэ

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.02 Материаловедение и технологии материалов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научно-исследовательского проекта (НИП): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Анализ конкурентных технических решений (НИП)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИП)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования.
3. Составление бюджета научно-исследовательского проекта (НИП)	Расчет бюджетной стоимости НИП по разработке программного обеспечения
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИП)	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности.

	<i>Интегральный показатель эффективности.</i>
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	
1. Оценка конкурентоспособности НИП 2. Матрица SWOT 3. Диаграмма Ганта 4. Бюджет НИП 5. Основные показатели эффективности НИП	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	03 мая 2020
-------------------------------------------------------------	-------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н, доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б62	Лю Хаоцэ		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
154Б62	Лю Хаоцэ

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.02 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

<b>Влияние одностенных и многостенных углеродных нанотрубок на свойства циркониевой керамики</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект: Керамические композиты $ZrO_2$ Область применения: Специальные авиационно-космические материалы
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс Российской Федерации ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Превышение уровня шума и вибрации, 2. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 3. Загрязнение воздушной среды в зоне дыхания
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Пожар в лаборатории



<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>11 июня 2020</b>
-------------------------------------------------------------	---------------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор ООД ШБИП	Сечин А.И.	д.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
154Б62	Лю Хаоцэ		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки – 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Отделение (НОЦ) – Отделение материаловедения

Уровень образования – Бакалавриат

Период выполнения – Осенний, весенний семестры 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29 мая 2020 г.
------------------------------------------	----------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / Вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.05.2020	Основная часть	75
10.05.2020	Финансовый менеджмент	15
10.05.2020	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОМ ИШНПТ	Хасанов О.Л.,	Д.Т.Н., профессор		

**СОГЛАСОВАНО:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Овечкин Б.Б.	К.Т.Н., доцент		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 96 стр., 25 рис., 30 табл., 44 источ.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, керамика  $ZrO_2$ , физико-механические свойства, микроструктура, трещиностойкость.

Объект исследования: углеродные нанотрубки, керамика  $ZrO_2$ .

Целью работы: исследовать влияние одностенных и многостенных углеродных нанотрубок на уплотнение, фазовый состав, микроструктуру и физико-механические свойства композитов на основе диоксида циркония.

В процессе исследования: композиционные порошки получали смешиванием нанопорошка  $ZrO_2$  с одностенными и многостенными углеродными нанотрубками с использованием ультразвукового диспергирования и магнитного перемешивания. Из приготовленных композиционных порошков, одноосным односторонним прессованием формировали компакты, которые затем подвергали свободному спеканию в вакууме.

В результате исследований показано, трещиностойкость композитов с ОУНТ повышается на 11 %, а микротвердость на 7 %.

Область применения материала: авиакосмическая промышленность, медицина.

Практическая значимость работы. Разработана лабораторная методика получения композиционного материала на основе диоксида циркония с углеродными нанотрубками из промышленных наноматериалов, пригодная к масштабному внедрению в производство.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	14
Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	16
1.1 Углеродные нанотрубки.....	16
1.2 Структура и свойства диоксида циркония.....	18
1.3 Методы получения керамики.....	19
1.4 Применение композитов $ZrO_2+УН$ .....	22
1.5 Исследование композитов $ZrO_2+УНТ$ .....	27
Глава 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	30
2.1 Используемые материалы.....	30
2.2 Методика приготовления композиционных порошков .....	30
2.3 Исследование морфологии и микроструктуры .....	31
2.4 Прессование и спекание .....	32
2.5 Шлифовка и полировка.....	34
2.6 Характеризация спеченных образцов .....	35
Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ .....	39
Глава 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	50
Глава 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	91
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	93

## ВВЕДЕНИЕ

Наноматериалы представляют собой наноразмерные конструкционные материалы, которые относятся к материалам, структура которых имеет по меньшей мере одно измерение в трехмерном пространстве в диапазоне 1-100 нм. Наноматериалы можно разделить на нульмерные наноматериалы (три измерения материала находятся на наноуровне), такие как наночастицы, атомные кластеры и т. д.; одномерные наноматериалы (материал расположен на нанометре в двух измерениях масштаб, такие как нанопроволоки, нанотрубки и т. д.; двумерные наноматериалы (только один размер материала находится на наноразмерном уровне), такие как нанопленки.

В 1959 году Ричард Филлипс Фейнман (Richard Phillips Feynman), известный физик и лауреат Нобелевской премии, предсказал, что люди могут создавать меньшие машины с небольшими машинами и, наконец, достигать расположения атомов один за другим в соответствии с человеческой волей и производить продукты. В 1990 году доктор Эйглер из США впервые использовал сканирующий туннельный микроскоп для манипуляции с одним атомом. Используя 35 атомов ксенона для формирования рисунка «IBM» на поверхности (110) кристалла никеля <sup>[1]</sup>. В июле того же года в США состоялась первая Международная конференция по нанонауке и технологиям, которая ознаменовала собой зарождение дисциплины, тесно связывающей основные микроскопические теории с современными высокотехнологичными технологиями — нанотехнологиями. В 1991 году американские ученые успешно синтезировали углеродные нанотрубки, и обнаружили, что нанотрубки имеют прочность в 10 раз выше, чем у стали. В 1999 году нанотехнологические продукты достигли годового оборота в 50 миллионов долларов США.

Наноматериалы обладают особыми физическими и химическими свойствами, которые отличаются от обычных материалов и имеют большую рыночную ценность. После десятилетий разработок представление о технологии получения, характеристики и применения наноматериалов и соответствующем механизме синтеза. Разница между наноматериалами и обычными материалами заключается в том, что когда структурный масштаб материала уменьшается до нанометрового (1-100 нм) диапазона, отношение числа атомов на поверхности материала к общему количеству атомов резко возрастает, и его удельная поверхность будет намного больше, чем у традиционных материалов, что приводит к химическая активность материала значительно увеличивается (поверхностные и межфазные эффекты) <sup>[2]</sup>, с

другой стороны, масштаб наноматериала сопоставим или меньше, чем длина волны световой волны, длина волны де Бройля и длина когерентности сверхпроводящего состояния. Периодичность материала. Граница разрушается, что приводит к появлению «новых» оптических, электрических, магнитных, акустических и термодинамических свойств (эффект малых размеров) <sup>[3]</sup>, кроме того, наноматериалы также обладают эффектом квантового размера и макроскопическим эффектом квантового туннелирования. Взятые вместе, эти эффекты делают характеристики наноматериалов значительно отличающимися от характеристик сыпучих материалов того же состава.

Особые свойства наноматериалов обеспечивают неограниченный потенциал для широкого применения наноматериалов. С непрерывным развитием технологий нанотехнологии станут самой передовой областью научных исследований в будущем. Развитие нанотехнологий будет способствовать развитию информационных, биотехнологических, энергетических сред и других областей, как говорят ученые: это очень крошечное вещество, которое невидимо невооруженным глазом, вероятно, приведет к революции в различных областях.

## Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1.1 Углеродные нанотрубки

Углеродные нанотрубки (УНТ) – типичные представители одномерных наноматериалов, первая успешная подготовка которых оживила понимание материаловедов о структуре неорганических упорядоченных материалов и значительно способствовала распространению наноматериалов в ближайшие два десятилетия. Обширные исследования, до сих пор, УНТ по-прежнему находятся в центре высокотехнологичных прикладных исследований <sup>[5, 6]</sup>. УНТ можно рассматривать как бесшовную полую трубчатую структуру, состоящую из гексагональных решеток с атомами углерода, с двумя концами которые закрыты полушарами <sup>[7]</sup>. Хотя химический состав как УНТ, так и графита является углеродом, УНТ сильно изотропны. Структурное различие между УНТ и другими углеродными материалами привело к особым свойствам УНТ. УНТ можно разделить на два типа: одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ) и многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ). Диаметр ОУНТ обычно составляет 1-2 нм. Фактически ОУНТ представляет собой одну молекулу, МУНТ можно рассматривать как гнездо множества коаксиальных трубчатых графитов. Между слоями нет химической связи, они связаны слабыми ван-дер-ваальсовыми силами. Производительность УНТ будет варьироваться в зависимости от их диаметра, хиральности (разницы в «угле обжима») и морфологии <sup>[8]</sup>.

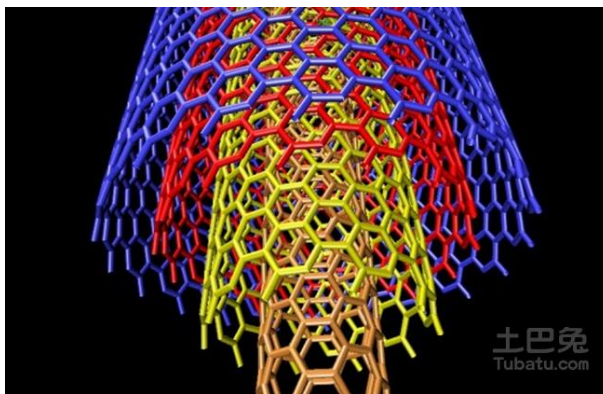


Рис. 1. Типичная структура многостенной углеродной нанотрубки

До настоящего времени было разработано большое количество методов синтеза углеродных нанотрубок, таких как дуговой разряд, химическое осаждение из паровой фазы, лазерная абляция, электролиз, пиролиз и т. д. Метод химического осаждения из паровой фазы является наиболее изученным методом получения углеродных нанотрубок из-за его простого процесса и низкой стоимости. Изменяя условия осаждения, можно синтезировать углеродные нанотрубки с различными кристаллическими



структурами и различной хиральностью, такие как: зигзаг, кресло. Существенная разница в том, что графит скручивается по-разному.

В 1991 году Иидзима<sup>[9]</sup> впервые применил метод испарения дуговым разрядом, чтобы получить 2-50 слоев трубчатого углеродного материала с двумя концами, герметизированными на углеродном электроде катода. Длина составляет около 1 мкм, а минимальный интервал между слоями составляет всего 0,34 нм, что соответствует масштабу решетки неорганических материалов. Трубчатая структура может рассматриваться как гексагональная структура, образованная  $sp^2$ -гибридизированными атомами углерода. Эта специальная низкоразмерная трубчатая структура очень редко встречается в неорганических кристаллических материалах, поскольку характеристики наноматериалов в то время были ограничены. Не удалось непосредственно измерить механические свойства УНТ. Но можно предвидеть, что этот специальный наноматериал обладает очень хорошими механическими и электрическими свойствами. В 1993 году Иидзима<sup>[10]</sup> также сообщил о синтезе одностенных углеродных нанотрубок с использованием метода дугового разряда постоянного тока для выращивания однослойных углеродных трубок под метаном в качестве источника углерода в атмосфере аргона. Электронограммы одностенных углеродных нанотрубок указывают на то, что шестиугольники углерода, составляющие углеродные нанотрубки, расположены по спирали под определенным углом, а их диаметр составляет всего 1 нм. Согласно руководству основного принципа исследования материаловедения, «структура определяет производительность», материаловеды провели обширные и углубленные исследования этой особой структуры неорганических кристаллических материалов, и ее превосходные механические, термические и электрические свойства постепенно было все больше и больше Исследование найдено и подтверждено.

Шривастава<sup>[11]</sup> использовали компьютерное моделирование и моделирование для изучения механических свойств одностенных углеродных нанотрубок и сравнили их с экспериментальными результатами. Установлено, что в пределах онлайн-эластичности модуль упругости одностенных углеродных нанотрубок составляет порядка 1 ТПа, что также согласуется с результатом исследования 1,8 ТПа, проведенного Treacy et al.<sup>[12]</sup> Yu et al. изучили механизм разрушения многостенных углеродных нанотрубок при растяжении и измерили их прочность на разрыв до 60 ГПа. Despres et al.<sup>[13]</sup> также экспериментально доказано, что критический угол упругого изгиба одностенных углеродных нанотрубок достигает 110 ГПа. Недавние

исследования показали, что УНТ также имеют отличные термические свойства. Среди них теплопроводность МУНТ достигает 3000 Вт/м·К, а теплопроводность ОУНТ также выше 2000 Вт/м·К<sup>[14, 15]</sup>. Что касается электрических характеристик, Ando et al.<sup>[16]</sup> также показали, что электропроводность многостенных углеродных нанотрубок составляет порядка  $1,85 \times 10^3$  См/см. Основываясь на предыдущих исследованиях, можно обнаружить, что УНТ имеют очень хорошие физические свойства, что делает их отличными кандидатами для улучшения высокоэффективных композиционных материалов.

## **1.2 Структура и свойства диоксида циркония.**

Диоксид циркония имеет химическую формулу –  $ZrO_2$ . В нормальных условиях это белые кристаллы без запаха и вкуса. Его трудно растворить в воде, соляной кислоте и разбавленной серной кислоте. Обычно содержит небольшое количество диоксида гафния. Диоксид циркония обладает высокой температурой плавления, высоким удельным сопротивлением, высоким показателем преломления и низким коэффициентом теплового расширения, что делает его перспективным жаропрочным материалом, изоляционным материалом, а также основным сырьем для производства режущего инструмента. Ширина запрещенной зоны  $ZrO_2$  составляет около 5-7 эВ. Растворим в смеси 2 частей серной кислоты и 1 части воды, слабо растворим в соляной кислоте и азотной кислоте, медленно растворим в фтористоводородной кислоте, практически не растворим в воде. Относительная плотность составляет 5,85 г/см<sup>3</sup>. Температура плавления 2680 °С. Точка кипения составляет 4300 °С. Твердость уступает алмазу.

Диоксид циркония существует в трех кристаллических формах. Стабильная моноклинная модификация встречается в природе в виде минерала бадделеита. Метастабильная среднетемпературная тетрагональная модификация  $ZrO_2$  существует во многих циркониевых керамиках. Преобразование тетрагональной фазы диоксида циркония в моноклинную фазу сопровождается увеличением объема, что увеличивает прочность керамики: механическое напряжение на вершине растущих микротрещин инициирует фазовое превращение тетрагональной фазы в моноклинную. В результате локальный объем увеличивается, поэтому давление увеличивается, тем самым зажимая микротрещины и замедляя их рост.

Нестабильная высокотемпературная кубическая модификация  $ZrO_2$  – крупные прозрачные кристаллы кубического циркония, стабилизированные примесями магния, оксидов иттрия, кальция и церия. Из-за высокого

показателя преломления используется в ювелирных изделиях в качестве имитации бриллиантов.

1. Диоксид циркония, полученный при сжигании гидрата диоксида циркония или летучей оксикислотной соли циркония, представляет собой белый порошок, нерастворимый в воде

2. Диоксид циркония, полученный легким горением, относительно легко растворяется неорганической кислотой, диоксид циркония, полученный сильным тепловым горением, растворим только в концентрированной серной кислоте и плавиковой кислоте, а диоксид циркония после плавления и перекристаллизации совместим только с водородом. Роль плавиковой кислоты;

3. Диоксид циркония является амфотерным оксидом, который может образовывать цирконат путем совместного плавления со щелочью, но цирконат легко гидролизуется до  $ZrO_2 \cdot xH_2O$  и осаждается, когда он встречается с водой.

4. Диоксид циркония реагирует с углеродом и хлором при высокой температуре или с четыреххлористым углеродом с образованием тетрахлорида циркония и оксихлорида циркония и гидролизуется с получением диоксида циркония.

5. Он взаимодействует с углеродом в дуге с образованием карбида циркония

### **1.3 Методы получения керамики.**

#### **1.3.1 Электроимпульсное плазменное спекание**

Спарк-плазменное спекание (SPS) - это метод уплотнения, который генерирует очень быстрый нагрев путем приложения тока (обычно импульсного постоянного тока) к керамическому порошку, содержащемуся в одноосно нагруженной проводящей форме, обычно изготовленной из графита. Электрический ток вызывает быстрый нагрев и увеличивает уплотнение при температурах, которые обычно ниже, чем те, которые требуются для спекания без давления. Кроме того, уплотнение очень быстрое, и время удерживания обычно составляет несколько минут вместо нескольких часов. Это, конечно, выгодное время с точки зрения общего цикла и минимизирует рост зерновых культур. Способность сохранять мелкозернистую структуру и метастабильную фазу, которая обычно исчезает во время обычного процесса спекания, является основным преимуществом SPS, при этом имея улучшенную компактность. К сожалению, из-за требований к форме на форму, изготовленную SPS, распространяются те же ограничения, что и на

горячее прессование. Кроме того, применение тока не без затрат, особенно если изделие имеет большое поперечное сечение.

### **1.3.2 Горячее прессование**

Горячее прессование - это процесс порошковой металлургии с низким давлением и скоростью деформации, который используется для формирования порошков или прессовок при высоких температурах, достаточных для инициирования процессов спекания и ползучести. Это достигается одновременным применением тепла и давления.

Горячее прессование в основном используется для изготовления твердых и хрупких материалов. Широко используется для консолидации алмазно-металлических композитных режущих инструментов и промышленной керамики. Уплотнение осуществляется путем перегруппировки частиц и пластического течения при контакте частиц. В большинстве случаев сыпучий порошок или предварительно уплотненные детали заполняются в графитовые формы, которые можно нагревать путем индукции или сопротивления до типичной температуры 2400 ° C (4350 ° F). Может применяться давление до 50 МПа (7300 фунтов на квадратный дюйм). Другие основные области применения - подавление различных типов полимеров.

В технологии горячего прессования могут использоваться три различных типа нагрева: индукционный нагрев, косвенное нагревание и технология спекания с полевым обогревом (FAST) / прямое горячее прессование.

В этом процессе, когда пресс-форма подвергается воздействию высокочастотного электромагнитного поля, в ней генерируется тепло, которое генерируется с помощью индукционной катушки, соединенной с электронным генератором. Матрица изготовлена из графита или стали, и давление подается на пуансон через один или два цилиндра. Форма находится внутри индукционной катушки. Преимущество здесь в том, что давление и индуцированная мощность полностью независимы. Для этого процесса подходят даже порошки с жидкой фазой, также возможно низкое давление. Недостатки включают стоимость высокочастотных генераторов и необходимость правильного выравнивания. Если форма расположена не по центру, распределение тепла происходит неравномерно. Но основным недостатком является то, что процесс основан на хорошей индуктивной связи и теплопроводности пресс-формы. Магнитное поле может проникать только через форму от 0,5 мм до 3 мм. Оттуда тепло должно быть «передано» в

форму посредством теплопроводности материала формы. Если воздушный зазор между пресс-формой и индукционной катушкой различен по всему профилю пресс-формы, равномерно нагревать его гораздо труднее. Другая потенциальная проблема - скорость нагрева. Слишком высокая скорость нагрева может привести к большой разнице температур между поверхностью и сердечником, что может повредить форму.

Косвенное сопротивление нагреву

Используя технологию непрямого сопротивления, форма помещается в камеру нагрева. Камера нагревается графитовыми нагревательными элементами. Эти элементы нагреваются электрическим током. Затем тепло передается в форму путем конвекции. Когда электрическая энергия нагревает нагревательный элемент, а затем нагревает форму вторым способом, этот процесс называется нагревом с косвенным сопротивлением.

Преимущество состоит в том, что высокая температура, которая может быть достигнута, не зависит от электропроводности пресс-формы и не зависит от температуры и давления. Основным недостатком является время, необходимое для нагрева пресс-формы. Передача тепла из атмосферы в печи на поверхность формы, а затем по всему поперечному сечению всей формы занимает относительно много времени.

### **1.3.3 Свободное спекание**

Спекание без давления предназначено для спекания порошковых прессовок без применения давления (иногда при очень высоких температурах, в зависимости от порошка). Это позволяет избежать изменений плотности в конечной композиции, которые бы происходили при более традиционных методах горячего прессования.

Порошковые пресс-формы (если они керамические) могут быть получены путем разлива суспензии, литья под давлением и холодного изостатического прессования. После предварительного спекания окончательное зеленое тело может быть спрессовано в его окончательную форму перед спеканием.

Спекание без давления может выполнять три различных графика нагрева: постоянная скорость нагрева (CRH), спекание с регулируемой скоростью (RCS) и двухступенчатое спекание (TSS). Микроструктура и размер зерна керамики могут варьироваться в зависимости от используемых материалов и методов.

Постоянная скорость нагрева (CRH), также известная как спекание с контролируемой температурой, включает нагревание зеленого тела до температуры спекания с постоянной скоростью. [16] Эксперименты

проводились с диоксидом циркония для оптимизации температуры спекания и скорости спекания методом CRH. Результаты показывают, что когда образцы спекаются до одинаковой плотности, размер зерна остается одинаковым, что доказывает, что размер зерна является функцией плотности образца, а не температурной модели CRH.

При спекании с регулируемой скоростью (RCS) скорость уплотнения на стадии открытия ниже, чем у метода CRH. [16] По определению, относительная плотность  $\rho_{rel}$  в рыхлой фазе ниже 90%. Хотя это препятствует отделению пор от границ зерен, было статистически доказано, что для образцов глинозема, диоксида циркония и оксида церия размер зерна RCS не меньше, чем CRH.

Двухступенчатое спекание (TSS) использует две разные температуры спекания. Первая температура спекания должна обеспечивать, чтобы относительная плотность превышала 75% от теоретической плотности образца. Это очистит сверхкритические поры в теле. Затем образец охлаждают и поддерживают при второй температуре спекания до завершения уплотнения. По сравнению с CRH TSS может значительно очистить кубический диоксид циркония и кубический титанат стронция. Однако изменение размера зерна других керамических материалов (таких как тетрагональный диоксид циркония и гексагональный оксид алюминия) не является статистически значимым

## **1.4 Применение композитов $ZrO_2$ +УНТ**

### **1.4.1 Биосенсор**

В результате углубленного исследования д-ра Хуан Сяомей и др. на биосенсоре смеси диоксида циркония и углеродных нанотрубок результаты показывают, что многостенные углеродные нанотрубки и диоксид циркония диспергированы в растворе CS хитозана для приготовления NWNT- $ZrO_2$ -CS. И модифицируйте его на поверхности стеклоуглеродного электрода, а затем на модифицированном электроде. Введение постоянного электронного медиатора может ускорить скорость переноса электрона, но существуют такие проблемы, как утечка и накопление электронного медиатора, что влияет на стабильность электрода. Используя синергию между наночастицами в сочетании с преимуществами методов электроосаждения и адсорбции, был разработан новый тип датчика глюкозы без электронного посредника. Электрохимические характеристики электродов были исследованы с помощью циклической вольтамперометрии, метода импеданса переменного тока и хроноамперометрии. Датчик имеет характеристики простой

подготовки, низкой стоимости, быстрого отклика и хорошей стабильности.

Циркониевая керамика может иметь белый, желтый или серый цвет, в зависимости от примесей, и обычно содержит  $\text{HfO}_2$ , которую нелегко удалить. Производство керамики из диоксида циркония требует использование порошков с высокой чистотой, хорошими дисперсионными свойствами, ультрадисперсными частицами и узким распределением частиц по размеру. Существует много способов получения ультрадисперсных порошков из диоксида циркония. Очистка диоксида циркония в основном включает хлорирование и термическое разложение.

Циркониевая керамика широко используется в области конструкционной керамики благодаря своим преимуществам: высокой ударной вязкости, высокой прочности на изгиб и высокой износостойкости, отличным теплоизоляционным характеристикам и коэффициенту теплового расширения, близкому к таковому для стали. Из циркониевой керамики производят: мелющие шары, седла шаровых кранов, циркониевые формы, миниатюрные стержни вентиляторов, оптоволоконные штифты, волоконно-оптические рукава, волочильные матрицы и режущие инструменты, износостойкие ножи, шарикоподшипники и прочие износостойкие элементы.

С точки зрения функциональной керамики, ее превосходное сопротивление высокой температуре используется в качестве индукционных нагревательных труб, огнеупорных материалов и нагревательных элементов. Керамика из диоксида циркония имеет чувствительные электрические параметры и в основном используется в области датчиков кислорода, твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) и высокотемпературных нагревательных элементов. Добавление некоторых красящих элементов ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и т. д.) к ультрадисперсному порошку диоксида циркония может превратить его в цветной полупрозрачный поликристаллический материал  $\text{ZrO}_2$ . Как и природный драгоценный камень, он сияет ярко и красочно и может быть превращен в различные украшения. Кроме того, диоксид циркония широко используется в термобарьерном покрытии, носителе катализатора, огнеупорных материалах, текстиле и других областях.

Евгеньевич А.Б. и другие разработали керамический нож из диоксида циркония с оксидом иттрия в качестве стабилизатора, структура которого представляет собой нанокристаллическую структуру размером зерен 200 нм, в которой нет межфазной границы раздела. Этот нож является хирургическим режущим инструментом в области медицины. Преимущество этого инструмента в том, что его нелегко пассивировать, резкость очень высока, и

его можно использовать несколько раз за одну операцию. По сравнению со стальным ножом он может сэкономить много материала. Однако он имеет большой недостаток: из-за его низкой прочности на изгиб и широкого диапазона вязкости повреждения износостойкость этого ножа является низкой. Основной причиной является неравномерная микроструктура.

Размалывающие шары могут быть разделены на стеклянные, керамические, стальные и т.д. в зависимости от материала. Циркониевые шарики в основном состоят из тетрагонального диоксида циркония (Tetragonal Zirconium Polycrystal), поэтому их также называют циркониевыми шариками "TZP". Они изготавливаются из микронного и субнанометрового диоксида циркония и оксида иттрия и используются для удовлетворения требований. Шариками TZP получают «нулевое загрязнение» и сверхтонкое измельчение. Шариками TZP имеют хорошую круглую форму, гладкую поверхность и жемчужный блеск, обладают высокой прочностью, ударопрочностью и не растрескивается при работе на высокой скорости. Износостойкость циркониевых шариков TZP в 30-50 раз выше, чем у стеклянных шариков, циркониевые шарики TZP имеют более высокую плотность, чем другие измельчающие шарики, и обладают очень высокой эффективностью измельчения, что может увеличить содержание твердых веществ в материалах или увеличить текучесть материалов.

Циркониевая трубка закреплена в фиксирующей втулке с помощью крепежных винтов, а внутренняя и внешняя поверхности циркониевой трубки покрыты слоем пористой платиновой пленки в качестве электрода. Электрод на внутренней поверхности циркониевой трубки сообщается с атмосферой, а внешняя поверхность контактирует с выхлопным газом. Чтобы предотвратить коррозию платиновой пленки примесями в выхлопных газах, пленка на внешней поверхности циркониевой трубки покрыта пористым защитным слоем из оксида алюминия, а также добавлен защитный рукав. Клемма датчика кислорода имеет металлическую защитную гильзу с отверстием для внутренней поверхности циркониевой трубки для связи с атмосферой. Платиновый электрод на внутренней поверхности циркониевой трубки выводится из датчика через изолирующую гильзу.

Оксид циркония представляет собой твердый электролит с ионной проводимостью кислорода. Оксид циркония имеет такую характеристику при высокой температуре, что электродвижущая сила генерируется, когда разница в концентрации кислорода между внутренней и внешней частями велика. Концентрация кислорода и парциальное давление кислорода на стороне



атмосферы и на стороне выхлопного газа автомобиля различны. Ионы кислорода перемещаются со стороны, где парциальное давление кислорода высокое (сторона атмосферы), в сторону, где парциальное давление кислорода низко (сторона выхлопа автомобиля), в результате чего между электродами создается электродвижущая сила.

#### **1.4.2 Твердооксидный топливный элемент (ТОТЭ)**

Керамический порошок  $Y_2O_3-CeO_2-ZrO_2(Y-Ce-TZP)$  обладает характеристиками низкой теплопроводности, большого коэффициента расширения, хорошей химической стабильности и хорошей стойкости к тепловому удару. Он имеет широкий спектр применения, включая инженерную керамику, электролиты и теплоизоляционные покрытия. Слои, современные огнеупорные материалы и топливные элементы, особенно в твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ), имеют большой потенциал в качестве электролитов.

#### **1.4.3 Упрочненная керамика $ZrO_2$**

Хрупкость керамических материалов ограничивает их практическое применение, а нанокерамика является стратегическим способом решения проблемы хрупкости керамики. Размер зерна является наиболее важным фактором, который влияет на производительность керамики. Уменьшение размера зерна увеличит механические свойства материала на порядки. Уточнение зерна поможет скольжению между зернами и сделает материал пластичным. Микротрещины и остаточные напряжения, возникающие при переходе  $ZrO_2$  из тетрагональной фазы в моноклинную фазу, используются для упрочнения керамики. Практика доказала, что температура перехода тесно связана с размером частиц  $ZrO_2$ . Когда частицы  $ZrO_2$  находятся ниже 100 нм, температуру перехода можно снизить до температуры ниже комнатной. Следовательно, нано- $ZrO_2$  может значительно увеличить прочность при комнатной температуре и коэффициент интенсивности напряжений керамики, так что ударная вязкость керамики удваивается.

#### **1.4.4 Композитная биокерамика**

Гидроксиапатитовый искусственный костный имплантат, изготовленный обычным способом, имеет низкую прочность и ударную вязкость, что не может соответствовать требованиям применения. Huang Chuanyong и др. Приготовили ультрадисперсные порошки гидроксиапатита (НАР) и диоксида циркония ( $ZrO_2$ ) путем химического соосаждения. Используя это в качестве сырья, благодаря оптимизированной комбинации различных материалов, метод спекания был использован для приготовления бинарной системы

НАР-ZrO<sub>2</sub> и композиционных биокерамических материалов тройной системы НАР-ZrO<sub>2</sub>-BG, что было выявлено методами XRD, FTIR, TEM, SEM и другими методами испытаний. Обсуждается минеральный состав и микроструктура материала. Результаты исследований показывают, что композитный биокерамический материал обладает лучшими механическими свойствами, химической стабильностью и биосовместимостью и является композитным биокерамическим материалом с большими перспективами применения. В настоящее время наногидроксиапатитовые композиты, содержащие ZrO<sub>2</sub>, были изготовлены за рубежом, и их комплексные свойства, такие как прочность и ударная вязкость, могут достигать или даже превышать соответствующие свойства плотных костей. Регулируя содержание ZrO<sub>2</sub>, нанокompозитный искусственный костный материал может иметь превосходную биосовместимость.

#### **1.4.5 Термобарьерные покрытия**

Термобарьерные покрытия обеспечивают теплоизоляцию металлических деталей с воздушным охлаждением, которые работают при критических температурах. Поскольку YSZ, один из керамических тел, приготовленных из наноразмерного порошка ZrO<sub>2</sub>(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), используется для термобарьерных покрытий, он демонстрирует выдающиеся рабочие характеристики. YSZ обладает высокой теплоотражающей способностью, хорошей химической стабильностью, а его сила сцепления с подложкой и стойкостью к тепловому удару лучше, чем у других материалов, поэтому YSZ в настоящее время является наиболее идеальным материалом для покрытия от термических барьеров. Его конкретные применения включают теплоизоляционные покрытия для авиационно-космических двигателей, футеровку цилиндров для дизельных двигателей на подводных лодках и судах.

#### **1.4.6 Катализатор**

Благодаря хорошей химической стабильности диоксида циркония его поверхность является кислой и основной, а также обладает окислительными и восстановительными свойствами. Это также полупроводник p-типа, который склонен генерировать кислородные дыры. Как носитель катализатора, он может иметь сильное взаимодействие с активными компонентами. Поэтому в последние годы ZrO<sub>2</sub> привлекает широкий интерес со стороны ученых в области катализа, а ZrO<sub>2</sub> уделяется особое внимание в областях автоматизации, каталитического гидрирования, катализа реакции FT, реакции полимеризации и окисления и суперкислотных катализаторов. Ключевой проблемой при применении ZrO<sub>2</sub> в катализе является потеря

площади поверхности во время термического перехода от геля  $\text{Zr}(\text{OH})_2$  к  $\text{ZrO}_2$ . Ультратонкие частицы ценятся из-за их высокой удельной площади поверхности и обильных дефектов поверхности.

#### **1.4.7 Износостойкие материалы**

Нано- $\text{ZrO}_2$  добавляется в РЕЕК равномерно, а композитный материал, полученный методом компрессионного формования, имеет меньший коэффициент трения, чем РЕЕК. По мере уменьшения размера частиц нано- $\text{ZrO}_2$  износостойкость композиционного материала увеличивается. Покрытие, полученное нанесением композита, содержащего нано- $\text{ZrO}_2$ , на поликарбонатную пластину, также значительно улучшило его износостойкость.

### **1.5 Исследование композитов $\text{ZrO}_2$ +УНТ**

Ravi Kiran Chintapalli и.т.д., считают : Композиты высокой плотности, полученные добавлением относительно небольших объемных фракций MWCNTs (0–2 об.%) К оксиду циркония, легированному иттрием (3Y-TZP), полученному путем спекания в искровой плазме, что приводит к однородному распределению МУНТ с небольшим средним размером зерна матрицы в диапазоне 153–182 нм. Установлено, что влияние упрочнения при трансформации является очень слабым для этого небольшого размера зерна путем измерения степени фазового превращения в следе трещины. Кроме того, гидротермальная деградация не происходит после более чем 200 часов при 131 ° C ни в монолитной керамике, ни в композитах. Изучение влияния МУНТ на микроструктуру и механические свойства 3Y-TZP показывает, что в композитах наблюдается очень небольшое снижение твердости, в то время как модуль упругости практически не изменяется. Путем подгонки смещения отверстия трещины в области, близкой к вершине трещины, к параболе Ирвина получается, что вязкость собственного разрушения примерно одинакова в матрице и в 2 об.% Композитах. Несмотря на то, что из-за измерения смещения отверстия трещины ( $\delta$ ) вдоль граней трещины наблюдается некоторое перекрытие трещины нанотрубками, практически не наблюдается изменения  $\delta$  в 3Y-TZP при добавлении 2 об. % МУНТ не только в области вершины трещины, но и во всем изученном диапазоне. Однако вязкость разрушения при вдавливании почти на 15% выше у 2 об.% Композитов по сравнению с их монолитными аналогами.

A. Kasperski и.т.д., считают : оКмпозитные порошки из двуслойных углеродных нанотрубок/диоксида циркония, стабилизированных иттрием, с

содержанием углерода до 6,3 мас.%. Получают мягкой ковалентной функционализацией углеродных нанотрубок (УНТ) с последующим смешиванием с порошком нанометрического оксида циркония, стабилизированного иттрием (YSZ). Композиты уплотнены искровым плазменным спеканием (СПС). Композиты обладают электропроводностью (0,09–0,88 См/ см), что является одним из самых высоких значений, сообщенных в литературе. Как прочность на разрыв ( $\sigma_f$ ), так и вязкость разрушения с помощью одностороннего зубчатого луча ( $K_{Ic}$ ) впервые измерены на композитах CNT/YSZ. Лучшие механические свойства ( $\sigma_f = 694$  МПа;  $K_{Ic} = 7$  МПа\*м<sup>1/2</sup>), полученные при низком содержании углерода (до 1,2 мас.%), являются одними из самых высоких, зарегистрированных до настоящего времени. Однако вязкость разрушения ниже, чем у керамики YSZ ( $K_{Ic} = 10,3$  МПа\*м<sup>1/2</sup>), механические свойства которой превосходны, учитывая ее очень тонкую микроструктуру.

Mehdi Mazaheri и др. Разработали многостенные углеродные нанотрубки (MWCNT) / наноструктурированные циркониевые композиты с различными количествами MWCNT (в диапазоне 0,5–5 мас.%). Используя плазменное спекание, они успешно сохранили MWCNT, прочно прикрепленный к зернам диоксида циркония, и получили абсолютно плотный материал. Кроме того, многостенные углеродные нанотрубки снижают рост зерен и поддерживают наноструктуру. В этом материале впервые сообщается о значительном улучшении вязкости разрушения при комнатной температуре и модуля сдвига и улучшенных свойств ползучести при высоких температурах. Чтобы поддержать эти интересные механические свойства, были выполнены электронная микроскопия высокого разрешения и измерения механических потерь. Предложен механизм закалки и сопротивления ползучести. Кроме того, может быть получено до 10 порядков увеличения проводимости относительно чистой керамики.

Композиты из многостенных углеродных нанотрубок (MWCNT) / 3 мол.% Легированного иттрием тетрагонального диоксида циркония (3Y-TZP) получают с использованием спекания с искровой плазмой (SPS) с содержанием MWCNT от 0 до 2 мас.%. Добавление MWCNT приводит к уточнению композитной микроструктуры. Кроме того, был проведен тест на наноиндентирование для мониторинга изменений модуля упругости и твердости в зависимости от содержания MWCNT, и было обнаружено, что с увеличением содержания MWCNT оба свойства снижаются. Новый метод был использован для измерения истинной вязкости разрушения

композиционного материала путем создания супер-короткого импульса лазерной абляции с мелкой поверхностью с острой насечкой на поверхности образца пучка. Истинную вязкость разрушения, полученную для этого обработанного лазером образца с одним краем с V-образным надрезом (SEVNB), испытанного при четырехточечном изгибе, сравнивали с вязкостью разрушения при вдавливании, измеренной с использованием индентора Виккерса. Обнаружено, что вязкость разрушения при вдавливании увеличивается с увеличением содержания MWCNT, и фактическая вязкость разрушения, измеренная SEVNB, фактически не зависит от состава. Наконец, делается вывод, что увеличение стойкости к вдавливанию трещины в композите не связано с более высокой истинной вязкостью разрушения по сравнению с матрицей 3Y-TZP. При добавлении MWCNT к матрице 3Y-TZP стойкость к образованию трещин при вдавливании композита не показала более высокую истинную вязкость разрушения.

Анна Мария Дузова и др. Обнаружили в процессе изучения влияния технологических процессов и добавления углеродных нанотрубок на микроструктуру, механические, разрушающие и электрические свойства диоксида циркония:

1. Монолитный диоксид циркония и углеродные нанотрубки / диоксид циркония были получены спеканием и горячим прессованием.
2. Твердость спеченного монолитного диоксида циркония была ниже, а ударная вязкость выше по сравнению с материалом горячего прессования.
3. Твердость и ударная вязкость уменьшились после добавления УНТ в цирконий горячего прессования примерно на 30% и 10% соответственно.
4. Электрическое удельное сопротивление композита уменьшилось примерно на 13 порядков по сравнению с монолитным диоксидом циркония.
5. Микрофрактография линий разрушения / поверхностей композита показала возможность усиления оксида циркония УНТ в материалах, подготовленных оптимизированным способом обработки.

## Глава 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Используемые материалы

В качестве исходного сырья для создания композитов использовали нанопорошок частично стабилизированного иттрием (3 мол.%) диоксида циркония  $ZrO_2$  (Tosoh, Япония), одностенные углеродные нанотрубки марки «Tuball» (OCSiAl, Россия) и многостенные углеродные нанотрубки марки «Таунит» (НаноТехЦент, Россия). В таблице 1.1 приведены их характеристики (размер частиц, теоретическая плотность и форма частицы), а также микроструктура.

Таблице 2.1. Характеристики исходного сырья (размер частиц, теоретическая плотность и форма частицы).

Исходное сырьё	Размер частиц (средний) нм	Теоретическая плотность г/см <sup>3</sup>	Форма частицы
Нанопорошок диоксида циркония	110	6,10 [41]	Сферическая
Одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ)	2	1,80 [43]	Трубчатая
Многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ)	20-50	2,10 [44]	Трубчатая

### 2.2 Методика приготовления композиционных порошков

Для получения керамических порошков на основе  $ZrO_2$  с добавками ОУНТ и МУНТ использовали методы ультразвукового диспергирования и магнитного перемешивания. Эксперимент состоял из пяти этапов: 1) взвешивание необходимого количества порошковых материалов по отдельности; 2) 30 минутное ультразвуковое диспергирование ОУНТ и МУНТ в среде этилового спирта в ультразвуковой ванне Град 28-35, для разделения пучков и тяжёлой УНТ на отдельные нанотрубки или более мелкие пучки; 3) Добавление нанопорошка  $ZrO_2$  к диспергированным суспензиям ОУНТ и МУНТ и ультразвуковое диспергирование композиционных суспензий  $ZrO_2$ +ОУНТ и  $ZrO_2$ +МУНТ еще в течение 30 минут; 4) магнитное перемешивание композиционных суспензий  $ZrO_2$ +ОУНТ и  $ZrO_2$ +МУНТ на магнитной мешалке в течение 30 минут; 5) высушивание композиционных суспензий  $ZrO_2$ +ОУНТ и  $ZrO_2$ +МУНТ при 120 °С в течение 3 часов и растирание полученного материала в порошок в ступке. Вес каждого

экспериментального композиционного порошка составлял 5 г. Процентное содержание различных нанотрубок, добавленных в диоксид циркония было следующим, представленным в таблицах 2.2 и 2.3.

Таблица 2.2. Массовые соотношения  $ZrO_2$  и ОУНТ

ОУНТ, мас. %	$ZrO_2$ , мас. %
0	100
0,1	99,9
0,5	99,5
1	99,0

Таблица 2.3. Массовые соотношения  $ZrO_2$  и МУНТ

МУНТ, мас. %	$ZrO_2$ , мас. %
0	100
1	99
5	95
10	90

### 2.3 Исследование морфологии и микроструктуры

Для исследования микроструктуры композиционных порошков и спеченных композитов, используется методом сканирующей электронной микроскопией (СЭМ) на микроскопе JSM 7500F фирмы JEOL (Япония). JSM-7500F – автоэмиссионный сканирующий электронный микроскоп ультравысокого разрешения (рис. 2,1). При низком ускоряющем напряжении он поддерживает сверхвысокое разрешение (1,4 нм при 1кВ). Поэтому JSM-7500F представляет собой прекрасный инструмент для анализа текстуры наноструктурных объектов, особенно тех, которые чувствительны к воздействию электронных пучков.



Рис. 2,1. Общий вид микроскопа JSM 7500F.

Таблица 2.4. Основные технические характеристики.

Пространственное разрешение	1,0 нм при 15 кВ; 1,4 нм при 1 кВ; 0,6 нм при 30 кВ (достижимо)
Электронная пушка	С холодным катодом на полевой эмиссии
Ускоряющее напряжение	От 0,1кВ до 30 кВ
Диапазон токов пучка	От $10^{-12}$ до $2 \cdot 10^{-9}$ А
Диапазон увеличений	От x25 до x1000000 (в пересчете на фотопластинку 9 см*12 см)
Максимальный размер образца	Диаметром до 200 мм, высотой до 10 мм

Кроме того, микроструктурные особенности исходных порошков и микроструктуру композитов исследовали методом просвечивающей электронной микроскопией (ПЭМ) на микроскопе JEM-2100F (JEOL, Япония).

#### **2.4 Прессование и спекание**

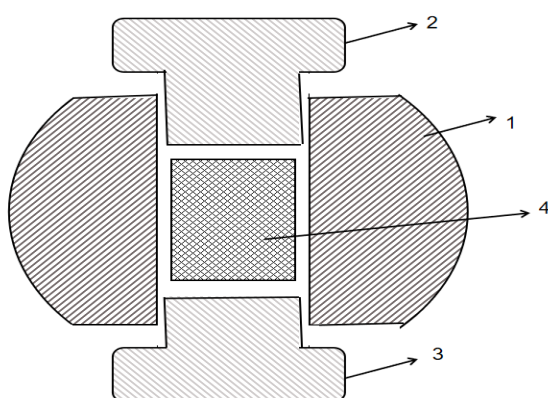
Из полученных композиционных порошков изготавливали компакты одноосным односторонним прессованием в закрытых жестких пресс-формах при 100 МПа, используя пресс ИП-500М-авто (ЗИПО, Россия), внешний вид которого, представлен на рис. 2,2.





Рис. 2,2. Внешний вид пресса ИП-500М-авто.

Для этого использовали пресс-форму диаметром 10 мм, протирали ее безворсовым полотенцем смоченным этиловым спиртом, для того чтобы удалить остатки порошка после предыдущего процесса прессования. Затем в нижнюю часть пресс-формы вставляли пуансон (рис. 2,2) и засыпали в пресс-форму засыпку порошка в количестве 0,5 г. Потом пресс-форму с порошком обстукивали молотком, для того чтобы он утрясся и чтобы порошковое тело было более уплотненное. Верхним пуансоном закрываем пресс-форму с порошком и помещаем ее в пресс. После одностороннего прессования производили выпрессовку сформированного компакта и аккуратно извлекали его из пресс-формы. Процесс прессования осуществляли для всех композиционных порошков и для чистого порошка  $ZrO_2$ .



1. Пресс-форма
2. Верхний пуансон
3. Нижний пуансон
4. Порошковое тело

Рис. 2,3. Внешний вид пресс-формы

Спрессованные компакты подвергали свободному вакуумному спеканию, используя высокотемпературную вакуумную печь VHT 8/22-GR (Nabertherm, Германия), которая имеет следующие характеристики:

- Максимальная температура: 2200 °С;
- Рабочий объем камеры: 8 л;
- Мощность: до 27 кВт.



Рис. 2,4. Внешний вид вакуумной печи VHT 8/22-GR.

Спрессованные компакты помещали в графитовую кювету, заполненную отожжённым порошком нитрида бора, затем компакты сверху также засыпались слоем нитридом бора. Такая засыпка необходима для того, чтобы предотвратить при высокой температуре взаимодействие углерода (графитовая кювета) со спекаемыми компактами.

Режим свободного вакуумного спекания: нагрев до 1500 °С со скоростью 300 °С/ч; спекание при 1500°С с выдержкой в течение 2 часов; охлаждение до комнатной температуры со скоростью 600 °С/ч.

### **2.5 Шлифовка и полировка**

На шлифовальном станке EcoMet 300 Pro (Buehler, Германия) поверхности образцов шлифовали на абразивной бумаги с зёрнами различных размеров. Сначала проходили шлифование на шкурке с более крупными абразивными зёрнами. Затем переходили на шкурку с более мелким абразивным зёрном.

Образец фиксируется на вращающемся круге с различными зернами, и образец перемещается в противоположном направлении с помощью шлифовального диска до полного исчезновения рисок. Общее время шлифования 1 час.



Рис. 2,5. Внешний вид шлифовального станка EcoMet 300 Pro.

Полирование поверхности образцов после шлифования. Оставшиеся после шлифования мелкие риски на поверхности образца удаляют полированием. Через обработанную поверхность образца для того чтобы получить блеск зеркала. Операция следующая; закрепите круг диаметром 200-250 мм на полировальной машине; прижмите образец тканью к вращающемуся кругу; начните полировать образец; до полного исчезновения краски и получения зеркальной поверхности, для тщательной полировки поверхности требуется 30 минут.

## **2.6 Характеризация спеченных образцов**

### **2.6.1 Определение относительной плотности**

Плотность исследуемых образцов измерялась гидростатическим взвешиванием с использованием дистиллированной воды в качестве иммерсионной среды. Сначала образец взвешивался в сухом состоянии ( $m_1$ ), затем он помещался в специальный контейнер дистиллированной водой и взвешивался таким образом ( $m_2$ ). После этого образец вынимался из воды, протирался безворсовым полотенцем и взвешивался еще раз ( $m_3$ ). Плотность рассчитывалась по следующей формуле:

$$\rho_{\text{образца}} = \rho_{\text{вода}} \left( \frac{m_1}{m_3 - m_2} \right)$$

где  $\rho_{\text{воды}}$  – плотность воды при 25 °С равная 0,99707 г/см<sup>3</sup>.

Теоретическую плотность композитов рассчитывали по правилу смесей, используя теоретические плотности используемых материалов, которые представлены в таблице 2. Относительную плотность рассчитывали по формуле:

$$\rho_{\text{отн}} = (\rho_{\text{образца}}/\rho_{\text{теор}})*100$$

где  $\rho_{\text{образца}}$  – плотность образца, определенная гидростатическим взвешиванием,  $\rho_{\text{теор}}$  – теоретическая плотность.

### 2.6.2 Определение микротвердости

Образец для испытания помещали на столик микротвёрдомера ПМТ-3М (ЛОМО, Россия) так, чтобы испытываемая поверхность была строго перпендикулярна к направлению перемещения пирамидки Виккерса при вдавливании.



Рис. 2,6. Внешний вид микротвёрдомера ПМТ-3М.

Установив необходимую нагрузку 500 г (4,9 Н), столик с образцом поворачивали под пирамидку Виккерса. Далее образец медленно нагружали в течение 10 секунд. По окончании выдержки, снимали нагрузку, и столик с образцом плавно поворачивали под микроскоп, для измерения отпечатка.

Значение микротвердости (HV) вычисляли по нижеприведенной формуле, где  $P$  – нагрузка выражена в граммах,  $D$  – усреднённая величина диагонали в микрометрах;

$$H = \frac{1854P}{D^2}$$

Для того чтобы перевести значение микротвердости в МПа, нужно воспользоваться соотношением  $1 \text{ МПа} = 9,81 \text{ кг/мм}^2$ .

### 2.6.3 Определение трещиностойкости.

Трещиностойкость – способность материала сопротивляться развитию трещин (разрушения) при однократном, циклическом и замедленном разрушении. В механике разрушения к основным характеристикам трещиностойкости относят: критическое значение коэффициента интенсивности напряжения  $K_{Ic}$ ; критическое раскрытие  $\sigma_c$  берегов

трещины в тупиковой части при ее страгивании; работу, которую нужно затратить на образование трещины. Наиболее надежную оценку трещиностойкости материалов дают испытания образцов с предварительно нанесенной усталостной трещиной, поскольку это наиболее распространенный опасный дефект конструкции. Рост трещины начинается, если коэффициент интенсивности напряжения  $K$  или его размах  $\Delta K$  (при циклических нагружениях) превышает пороговое значение  $K_{th}(\Delta K_{th})$ , и состоит из трех стадий: нарастающей скорости роста, стабильной относительно медленного ее распространения и ускоренного развития, заканчивающегося разрушением. Кинетику разрушения описывают диаграммами в координатах: длина трещины – число циклов или время при циклическом нагружении; длина трещины – время при длительности статического нагружения. Кинетические параметры разрушения позволяют прогнозировать работоспособность материалов в конструкциях. Способы повышения трещиностойкости металлов и сплавов включают: рациональное микролегирование (выбор сплава); формирование оптимальных микроструктур; уменьшение содержания нежелательных примесей, особенно легкоплавких и сегрегированных на границах зерен; оптимальные режимы ТМО, формирующие наиболее желательный тип и параметры микроструктуры; создание поверхностного слоя, строение и напряженное состояние которого затрудняет зарождение в нем микротрещин (мелкое зерно, сжимающие напряжения и т. д.).

Образец помещали на столик твердомера ТП-7Р-1 (ЗИП, СССР) и устанавливали нагрузку 5 кг (49 Н). Затем производили нагруженные образца алмазной пирамидкой Виккерса до звукового сигнала.



Рис. 2,7. Внешний вид твердомера ТП-7Р-1.

Образец с отпечатками перемещали на столик микротвердомера ПМТ-3М под микроскоп и производили измерения диагоналей отпечатка и длин трещин. Для расчета трещиностойкости образцов используются уравнения Anstis.

$$K_{IC} = 0.016 \left( \frac{E}{H_V} \right)^{1/2} \times \left( \frac{P}{C^{3/2}} \right)$$

где  $F$  – нагрузка на пирамидку в Ньютонах,  $C$  – длина трещины от центра углубления до кончика трещины в метрах,  $E$  – модуль Юнга в ГПа (210 ГПа для  $ZrO_2$ ),  $H_V$  – твердость по Виккерсу в ГПа.

#### 2.6.4 Определение размера зерен.

По изображениям микроструктур исследуемых образцов проводили измерения размеров зерен в двух взаимно перпендикулярных направлениях с помощью программного обеспечения Altami Studio. Рассчитали диаметры зерен и построили распределение зерен по размерам и кумулятивную зависимость средствами MS Excel.

#### 2.6.5 Определение фазового состава

Фазовый состав исследуемых образцов определялся рентгенофазовым анализом (РФА), на дифрактометре Shimadzu XRD-7000 в  $CuK \alpha$ -излучении (рис. 2,8). При исследовании использовали пошаговое сканирование с накоплением в точке 2,5 секунды. Расшифровку рентгенограмм производили с помощью программы Crystallographica Search-Match.

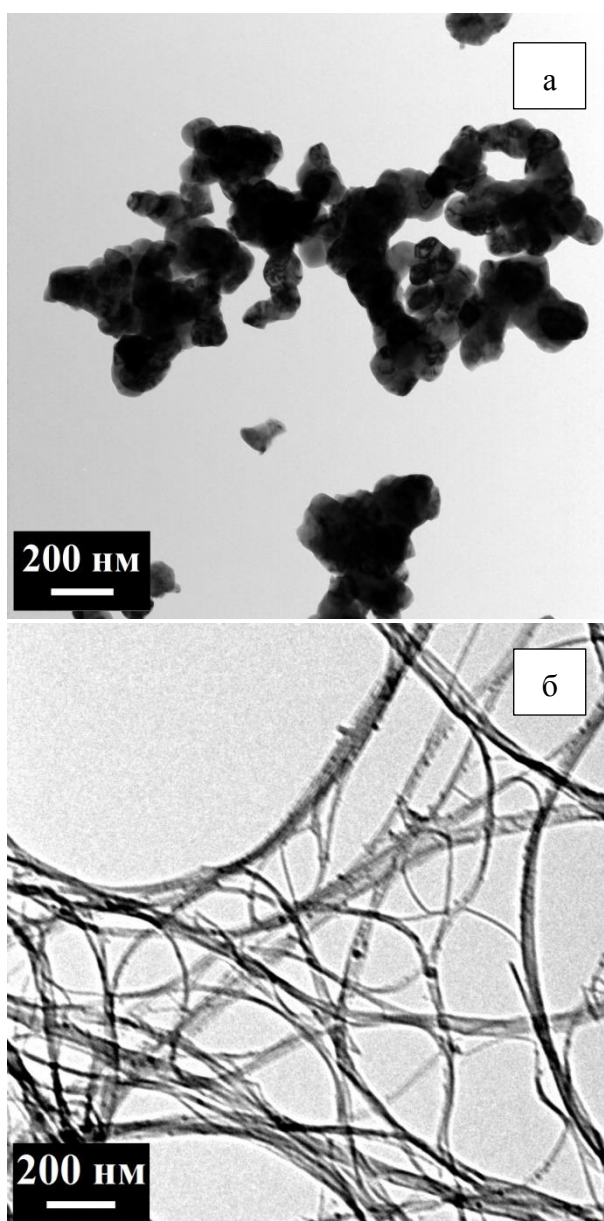


Рис. 2,8. Общий вид дифрактометра XRD-7000.



### Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Используемый частично стабилизированный нанопорошок  $\text{ZrO}_2$  (рис. 3,1а) содержит наночастицы формой близкой к равноосной и содержит агрегаты наночастиц нерегулярной формы. Исходные ОУНТ (рис. 3,1б) представляют собой пучки уплощенной, лентообразной формы размерами от 10 нм до 40 нм, встречаются и крупные пучки размером более 200 нм. На рис. 3,1в представлено ПЭМ-изображение МУНТ, показывающее морфологию и особенности структуры МУНТ. Из рис. 3,1в видно, что диаметр отдельных МУНТ варьируется от 20 нм до 50 нм, кроме того, как и ОУНТ, так и МУНТ содержат крупные пучки. На отдельных МУНТ видны полая сердцевина нанотрубки и многочисленные графеновые слои, из которых состоит многостенная нанотрубка.



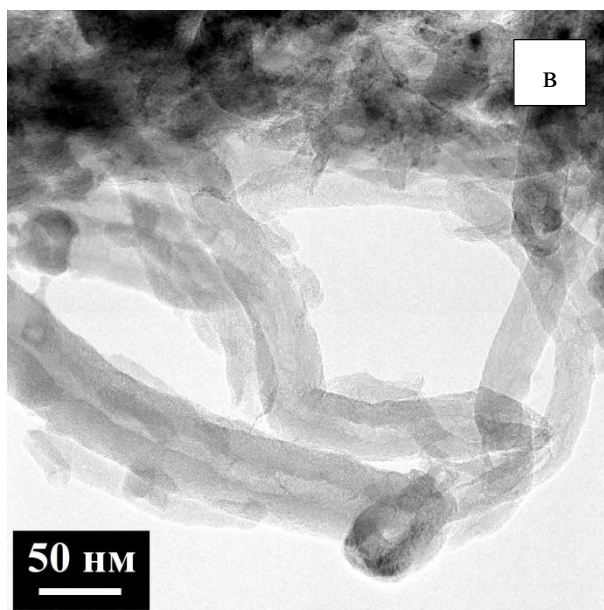


Рис. 3,1. ПЭМ изображения: нанопорошка  $ZrO_2$  (а); одностенных углеродных нанотрубок (б); многостенных углеродных нанотрубок (в).

На рис. 3,2а представлено СЭМ изображение приготовленного композитного порошка  $ZrO_2$  с 1мас.% ОУНТ, из которого видно, что пучки ОУНТ не разделились на отдельные нанотрубки, а только разделились на более мелкие пучки. Пучки ОУНТ хорошо распределены среди наночастиц  $ZrO_2$ , они опутывают отдельные наночастицы  $ZrO_2$  и их ансамбли, тем самым создавая сетчатые каркасные структуры. Из ПЭМ изображения для композитного порошка  $ZrO_2$  с 1 мас.% МУНТ (рис. 3,2б) видно, после ультразвукового диспергирования и магнитного перемешивания сохраняются пучки МУНТ, которые, однако, располагаются среди матричных наночастиц  $ZrO_2$ .



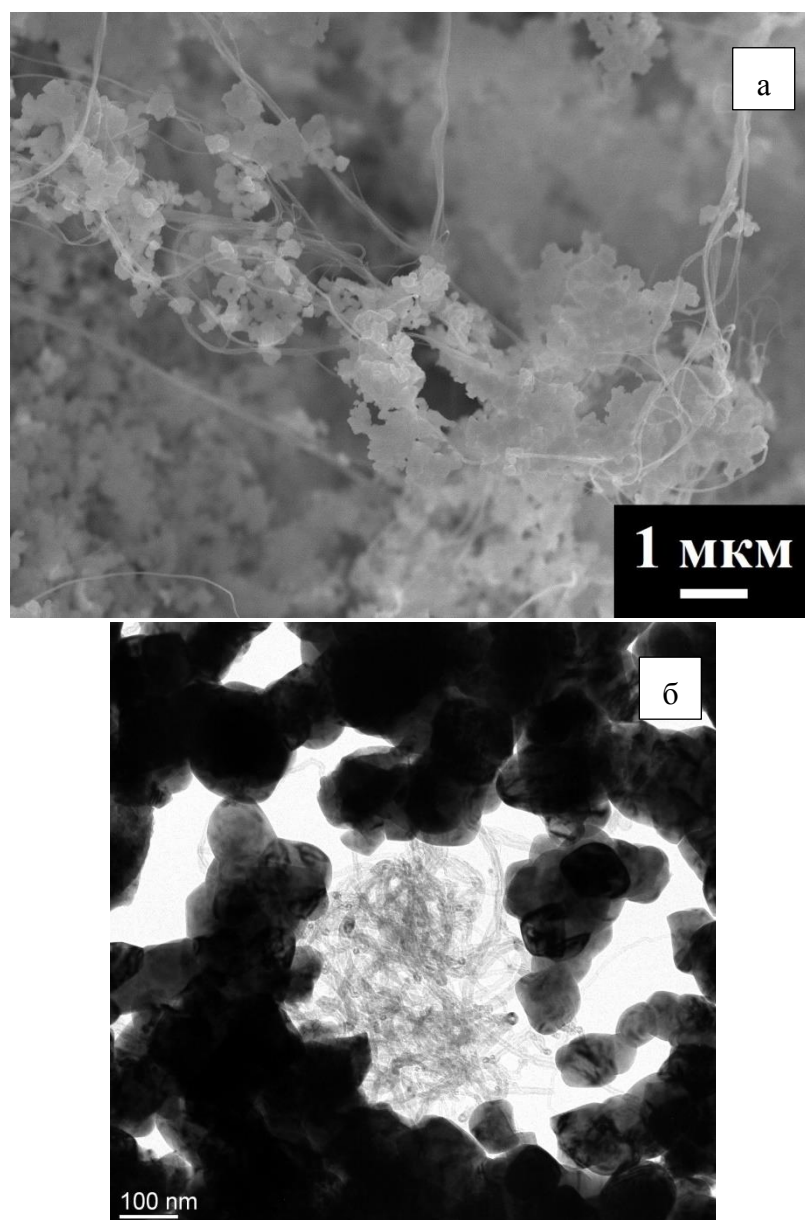
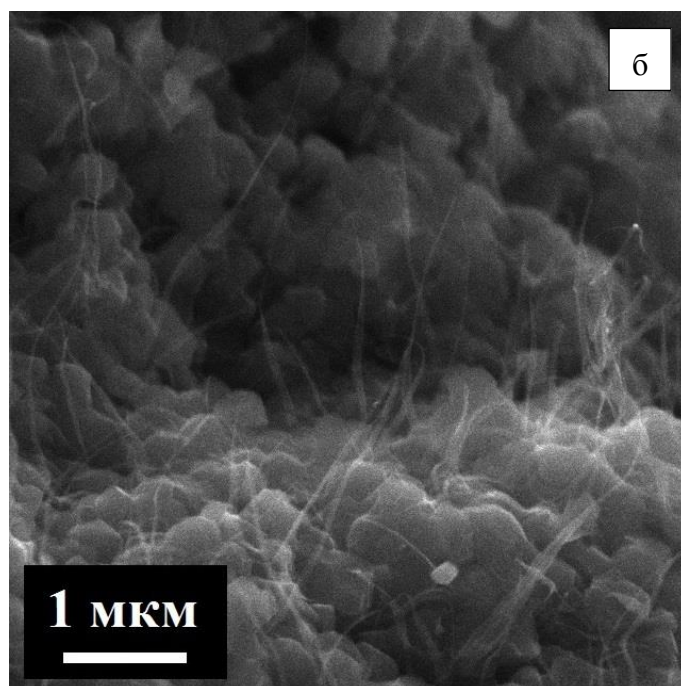
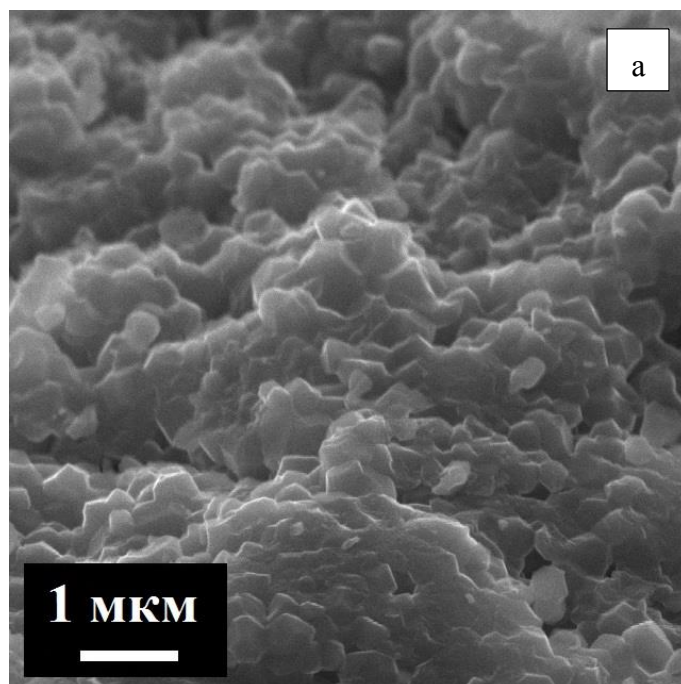
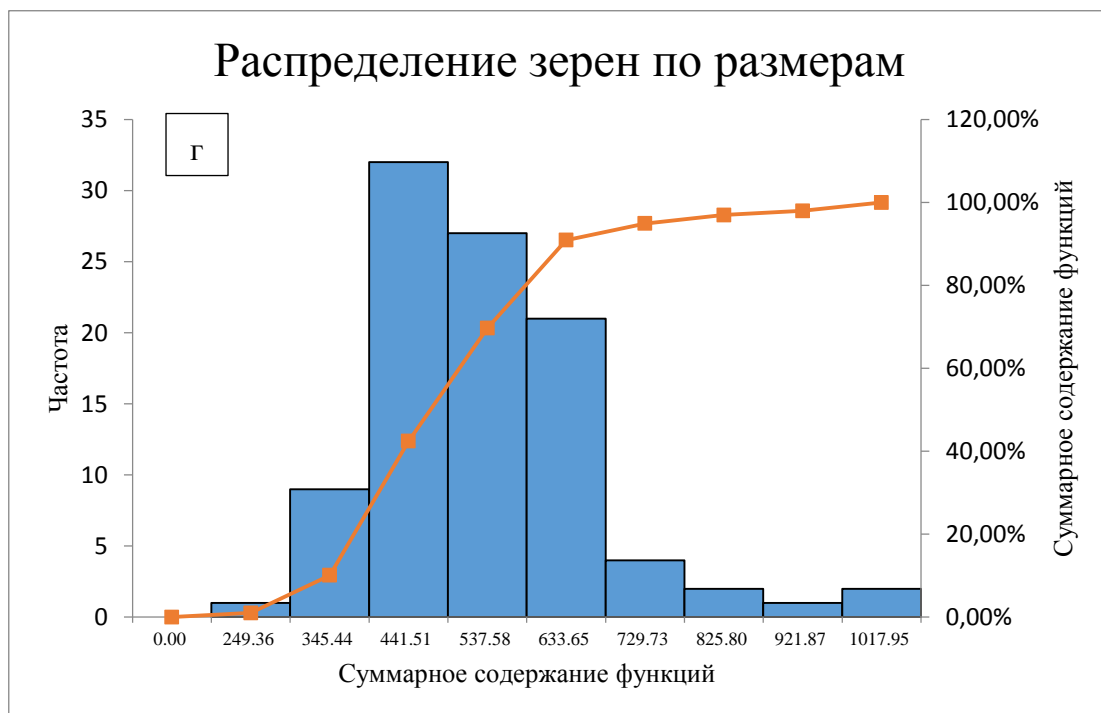
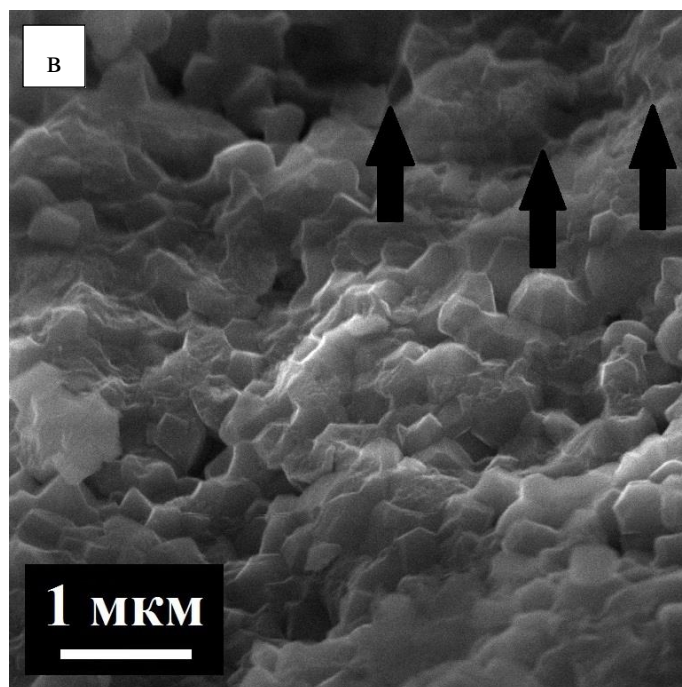


Рис. 3,2. СЭМ изображение композитного порошка  $ZrO_2$  с 1мас.% ОУНТ (а) и ПЭМ изображение композитного порошка  $ZrO_2$  с 1 мас.% МУНТ (б).

При исследовании микроструктуры спеченных образцов (рис. 3,3), установлено, что на сколах наблюдается разрушение смешанного характера (межкристаллитное и транскристаллитное). Из рис. 3,3б видно, что ОУНТ сохраняют свою структуру после высокотемпературного спекания и, что пучки ОУНТ располагаются не только по границам зерен, некоторые встроены в объем зерна. Из рис. 3,3в видно, что МУНТ практически не обнаруживаются в микроструктуре композита  $ZrO_2$  с 1 мас. % МУНТ, есть только несколько мостикообразных МУНТ (показаны стрелкой)

соединяющих зерна  $ZrO_2$ . Возможно, это связано с тем, что МУНТ имеют длину менее 2 мкм, что намного меньше длины ОУНТ, и поэтому МУНТ встречаются реже.





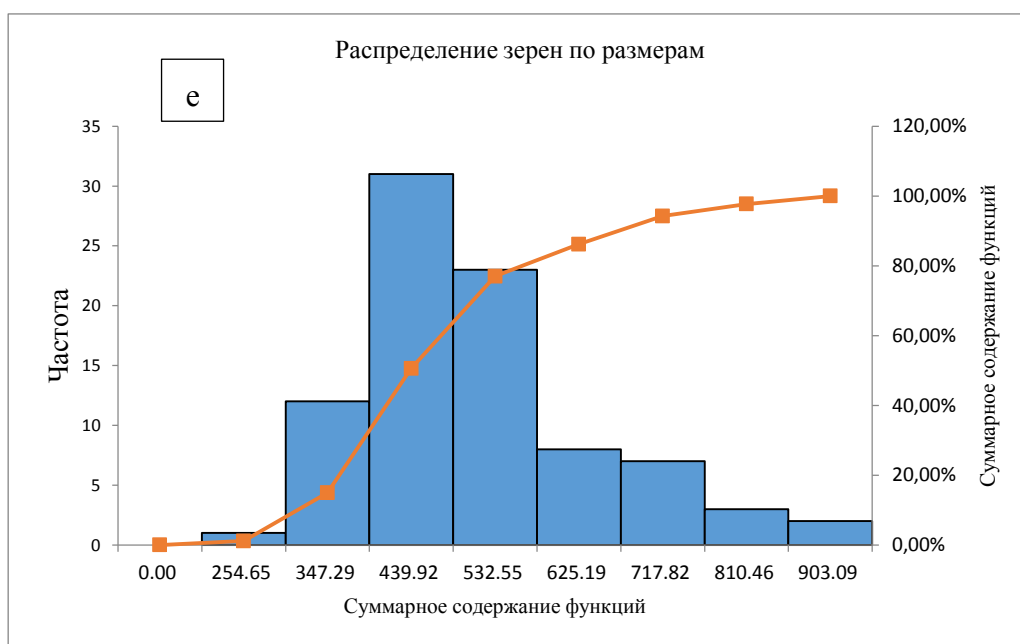
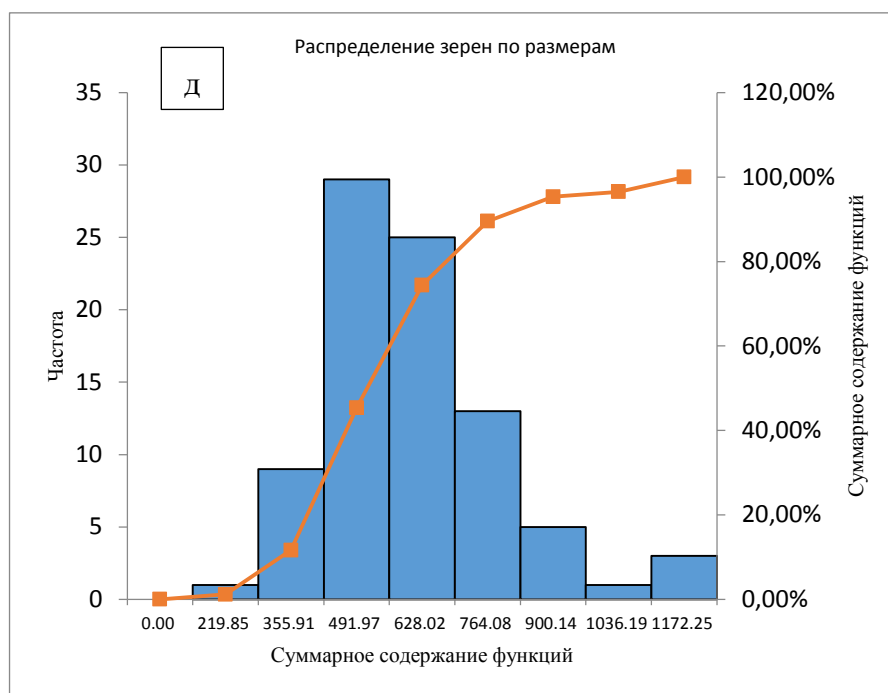


Рис. 3,3. СЭМ изображения поперечных сколов, показывающие микроструктуру: керамики  $ZrO_2$  (а), композита  $ZrO_2$  с 1 мас.% ОУНТ (б) и композита  $ZrO_2$  с 1 мас. % МУНТ (в). Распределение зерен по размерам для керамики  $ZrO_2$  (г), композита  $ZrO_2$  с 1 мас.% ОУНТ (д) и композита  $ZrO_2$  с 1 мас. % МУНТ (е).

Анализируя СЭМ изображения поперечных сколов (рис. 3,3) исследуемых образцов были измерены диаметры зерен. Имея некоторое количество измеренных диаметров, позволило построить распределения зерен по

размерам (рис. 3,3г-е) и определить средние размеры зерен исследуемых образцов. Средний размер зерна керамики  $ZrO_2$  составляет 483 нм, композита  $ZrO_2$  с 1 мас.% ОУНТ – 437 нм, композита  $ZrO_2$  с 1 мас.% МУНТ – 463 нм. Сниженный размер зерна композитов указывает на то, что ОУНТ и МУНТ могут эффективно влиять на эту характеристику, так как нанотрубки располагаются по границам зерен, что препятствуют их росту.

Согласно результатам рентгенофазового анализа в спеченной керамике  $ZrO_2$  и композитах  $ZrO_2$  с ОУНТ идентифицируется только тетрагональная фаза диоксида циркония  $t-ZrO_2$ , посторонних фаз не обнаруживается (рис. 3,4а и 3,4б). Однако в композитах  $ZrO_2$ /ОУНТ полученных из этих же композиционных порошков электроимпульсным плазменным спеканием наблюдалось присутствие моноклинной фазы  $ZrO_2$  [3]. В композитах с МУНТ (5 и 10 мас. %) кроме  $t-ZrO_2$  фазы появляется кубическая фаза карбида циркония  $c-ZrC$  (рис. 1в), что согласуется с [4].

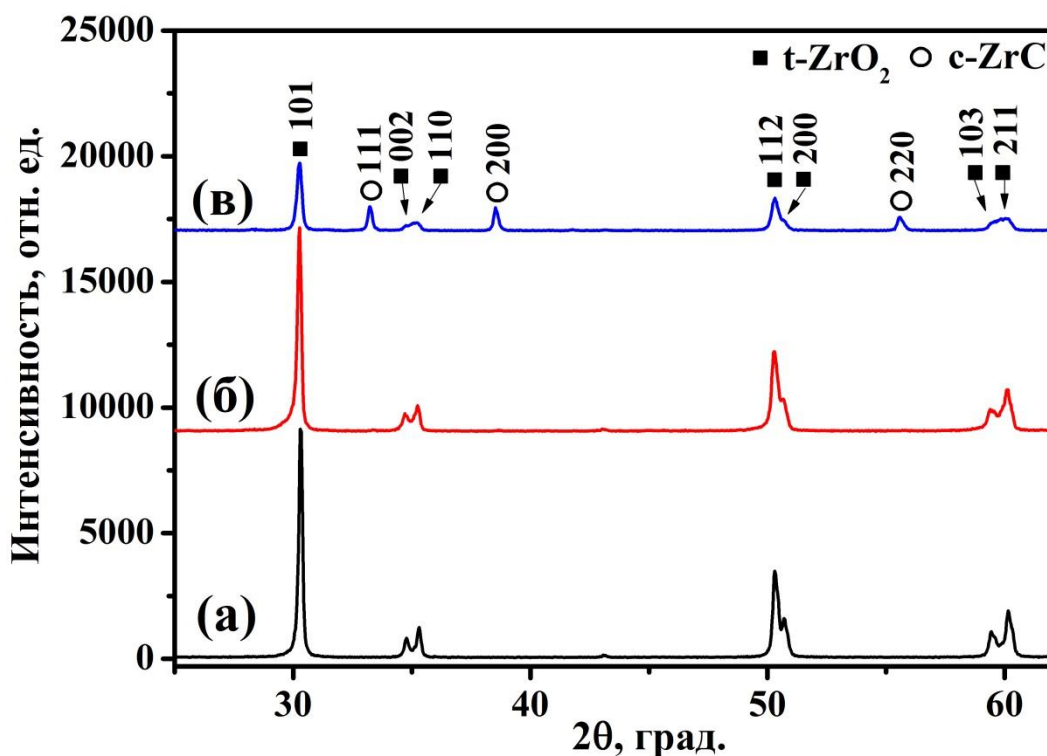


Рис. 3,4. Рентгеновские дифрактограммы спеченной образцов: керамика  $ZrO_2$  (а), композит  $ZrO_2$  с 1 мас.% ОУНТ (б) и композит  $ZrO_2$  с 10 мас.% МУНТ (в).

Анализируя графики (рис. 3,5) зависимостей относительной плотности композитов установлено, что при увеличении добавок ОУНТ (до 1 мас. %) приводит к плавному снижению относительной плотности спеченных композитов с 99,20 % до 97,52 %. Плотность композита  $ZrO_2$  с 1 мас. %

МУНТ (98,66 %) немного ниже плотности керамики  $ZrO_2$  (99,20 %). Однако более высокие концентрации добавок МУНТ (5 и 10 мас. %) затрудняют уплотнение/спекание композитов, что приводит к снижению относительной плотности до 81,22 %, т.к. высокие концентрации волокнистых наполнителей подавляют проскальзывание и перегруппировку наночастиц  $ZrO_2$  в процессе уплотнения. Чтобы повысить относительную плотность композитов с МУНТ, нужно увеличивать температуру спекания и время выдержки на максимальной температуре.

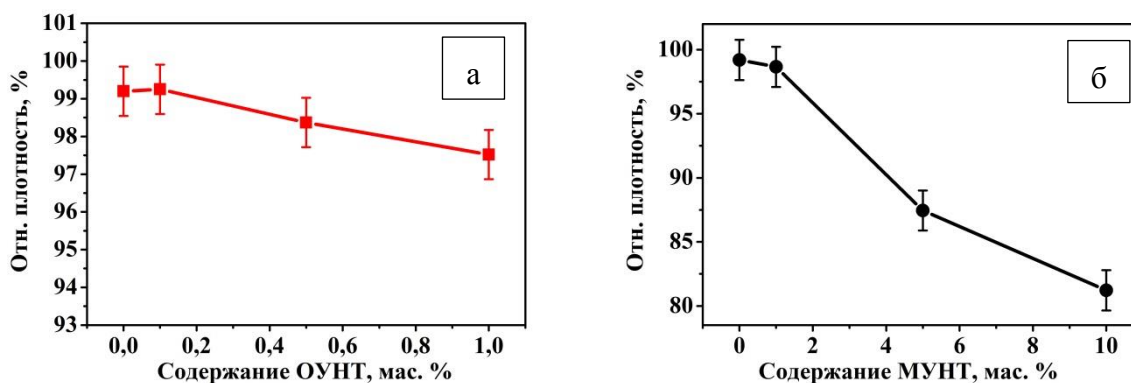


Рис. 3,5. Зависимость относительной плотности исследуемых образцов от количества армирующей добавки: композитов с ОУНТ (а) и композитов с МУНТ (б).

На рис.3,6 представлены зависимости микротвердости образцов от массового содержания армирующих добавок. Микротвердость керамики  $ZrO_2$  составляет 12,77 ГПа. Из рис. 3,5а видно, что микротвердость композитов с ОУНТ, выше микротвердости керамики  $ZrO_2$ . Наибольшее увеличение микротвердости наблюдается для композита с 0,5 мас.% ОУНТ, микротвердость возрастает на 7 %. Увеличение микротвердости композитов с ОУНТ вероятно связано с уменьшенным размером зерна, по сравнению с размером зерна керамики  $ZrO_2$  без добавок. Для композитов  $ZrO_2$  с МУНТ при увеличении относительного содержания добавок наблюдается снижение микротвердости. В первую очередь это связано со сниженной относительной плотностью, а значит с большой пористостью. Кроме того, МУНТ являются мягкой фазой, что тоже может сказаться на микротвердости композитов.



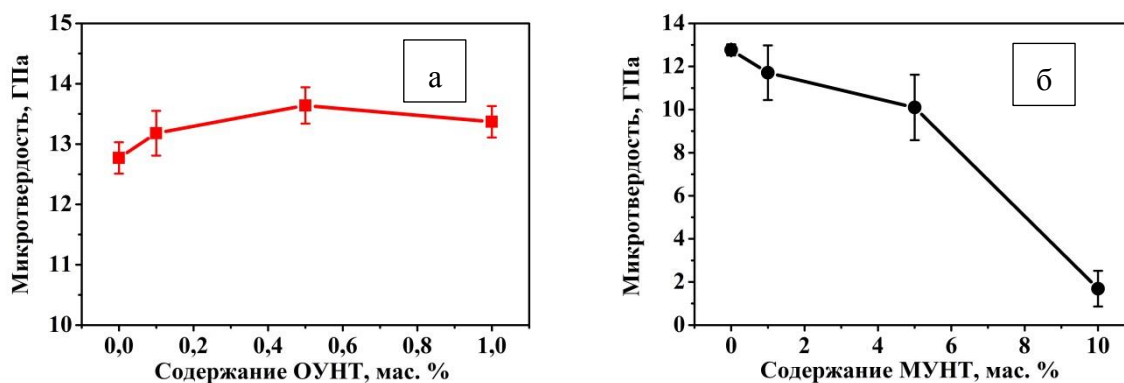


Рис. 3.6. Зависимость микротвердости исследуемых образцов от количества армирующей добавки: композитов с ОУНТ (а) и композитов с МУНТ (б).

Из рис. 3,7а видно, что трещиностойкость композитов с ОУНТ выше трещиностойкости керамики  $ZrO_2$ , однако при увеличении содержания ОУНТ, трещиностойкость практически не изменяется и колеблется около среднего значения  $4,5 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ . Наибольшее увеличение трещиностойкости наблюдалось для композита  $ZrO_2$  с 1 мас.% ОУНТ, коэффициент  $K_{IC}$  составлял  $4,60 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ , что на 11 % выше значения  $K_{IC}$  соответствующего для керамики  $ZrO_2$ .

Композит  $ZrO_2$  с 1 мас.% МУНТ имеет значение трещиностойкости равное  $4,33 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ , что выше значения трещиностойкости ( $4,13 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ ) керамики  $ZrO_2$  на 5 %. Однако композит  $ZrO_2$  с 5 мас.% МУНТ имеет сниженную трещиностойкость, а для композита  $ZrO_2$  с 10 мас.% МУНТ вообще не удалось измерить трещиностойкость, т.к. в этих композитах большая пористость и при индентировании образуется сетка трещин.

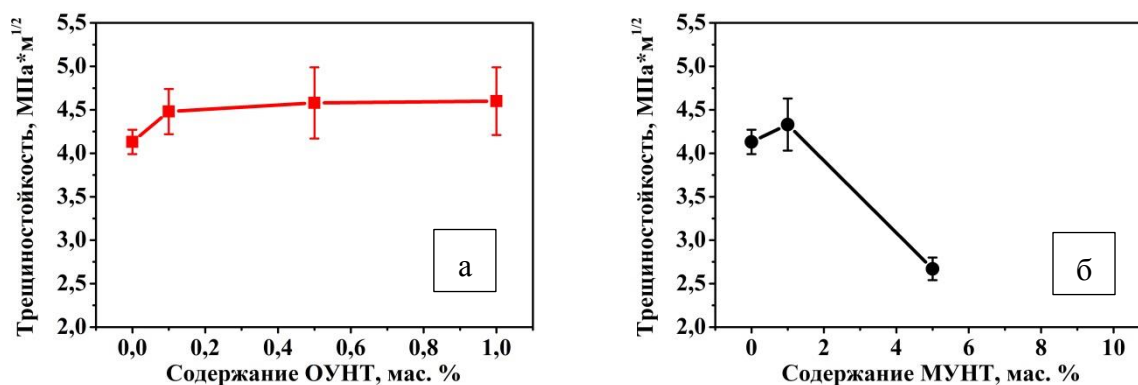
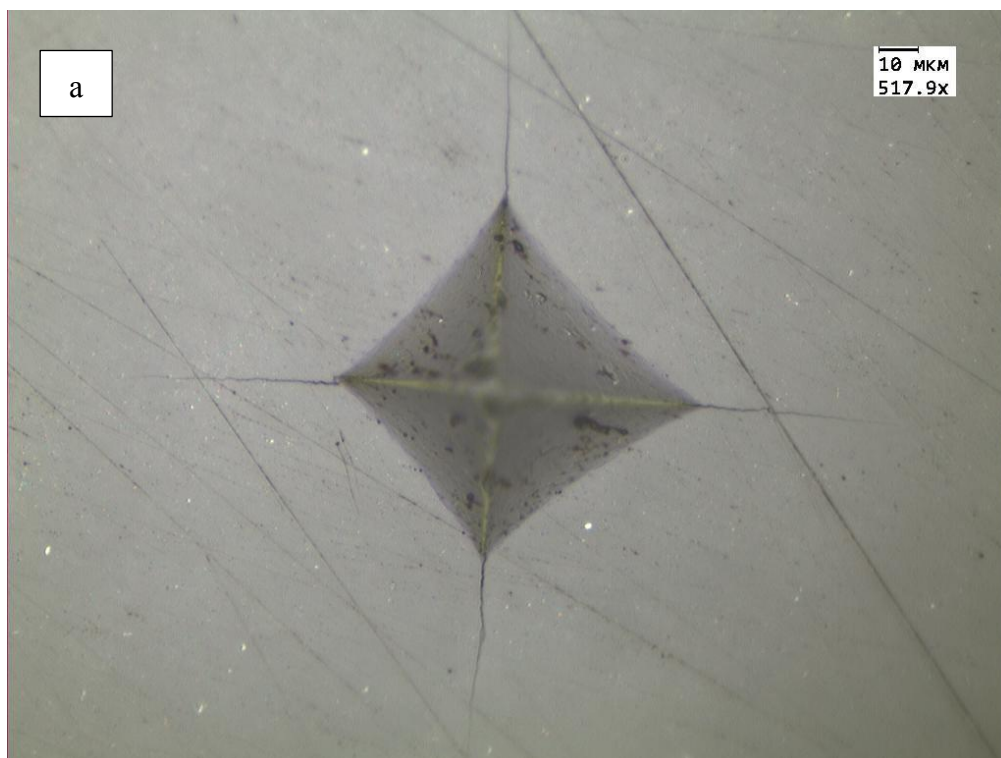


Рис. 3.7. Зависимость трещиностойкости исследуемых образцов от количества армирующей добавки: композитов с ОУНТ (а) и композитов с МУНТ (б).

На рис. 3,8а представлено оптическое изображение, показывающее отпечаток пирамидки Виккерса сделанный для определения трещиностойкости керамики  $ZrO_2$ . Из рис. 3,8а видно, что трещины четко выходят из углов отпечатка, что характерно для распространения трещин в хрупкой керамике. Из изображения для отпечатка композита  $ZrO_2$  с 0,1 мас.% ОУНТ (рис. 3,8б) можно наблюдать значительно меньшие по длине трещины, по сравнению с трещинами для керамики  $ZrO_2$ . Кроме того, видно, что трещины имеют зигзагообразный вид, что вероятно связано с тем, что трещина изгибается, если на ее пути встречается ОУНТ и пучок ОУНТ. Перечисленные особенности ответственны за повешение трещиностойкости. На рис. 3,8в показано оптическое изображение отпечатка, полученного для композита  $ZrO_2$  с 1 мас. % МУНТ, из которого видно, что в структуре материала присутствуют крупные пучки МУНТ (показаны стрелками), размер которых варьируется от единиц микрометров до десятков микрометров. Также из рис. 3,8в видно, что если трещина попадает в такой пучок МУНТ, то она становится более тонкой и меняет направление распространения, что, в конечном счете, приводит к повышению трещиностойкости композита.





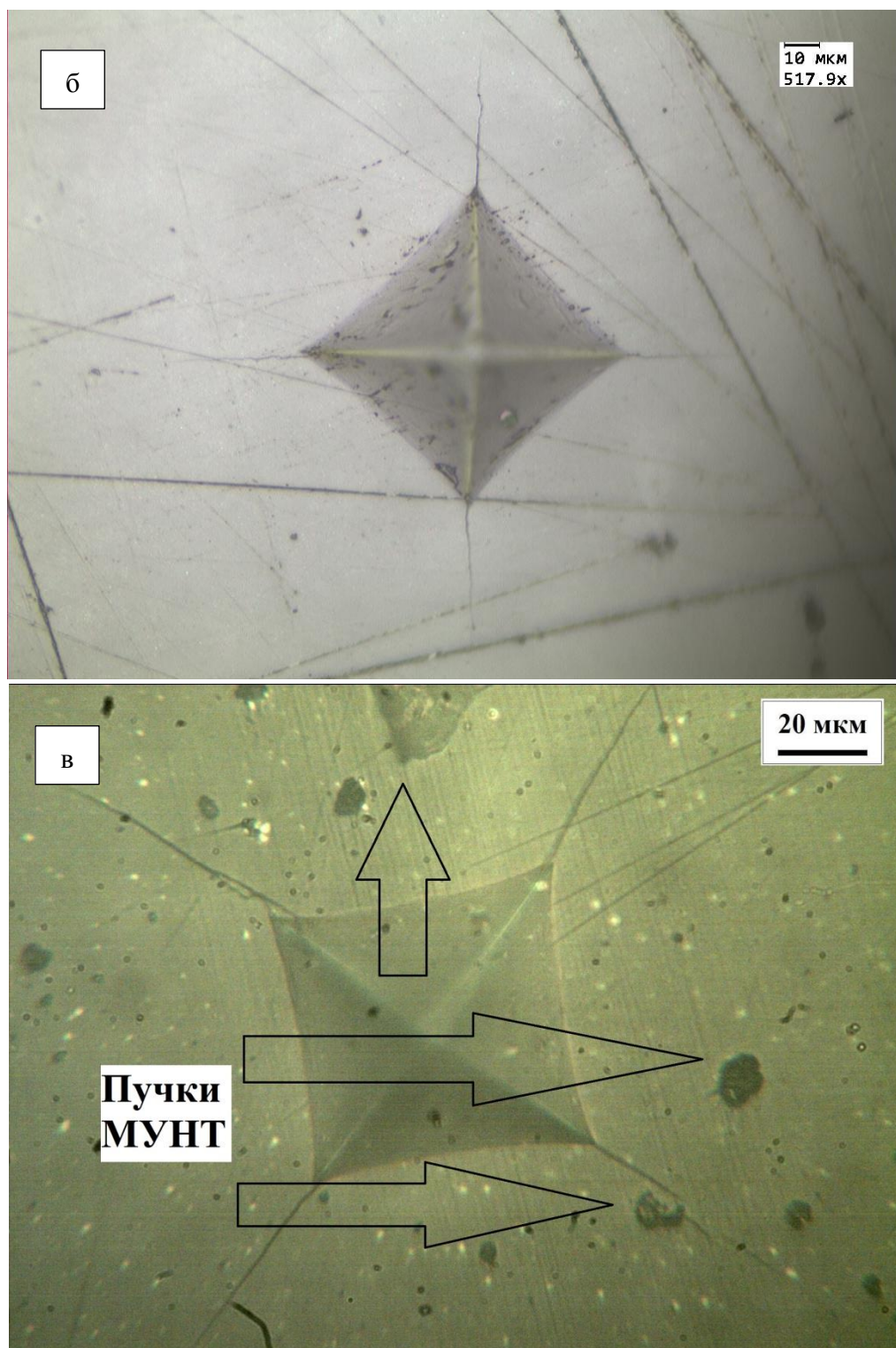


Рис. 3,8. Отпечатки пирамидки Виккерса на поверхности образцов: керамика  $ZrO_2$  (а), композит  $ZrO_2$  с 0,1 мас.% ОУНТ (б) и композит  $ZrO_2$  с 1 мас. % МУНТ (в).

## **Глава 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **Введение**

Цель данного раздела ВКР заключается в оценке перспективности разработки и планировании финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках НИ. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы: будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала разработки;
- планирование научно-исследовательской работы;
- расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – Разработка материалов с более высокими эксплуатационными характеристиками и увеличение использования продукта.

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **4.1.1 Анализ конкурентных технических решений**

В процесс исследования рассматривались две конкурирующие разработки:

1) Украинская компания NASU занимает одно из ведущих мест в мире по производству и продаже наноразмерного диоксида циркония, основной объем производства которого составляет 5-40 нанометров, а цена продажи составляет 80-100 долларов США / кг. Его метод производства в основном традиционный метод производства: метод осаждения. Этапы эксплуатации этого способа относительно просты, стоимость низкая, а загрязнение окружающей среды низкое, но полученные частицы порошка наночастиц диоксида циркония являются относительно крупными. Новый способ производства ДонИФЕ технология. Интуитивное преимущество этого метода заключается в том, что

- контролируемый химический состав
- указанный фазовый состав
- высокая стабильность свойств
- модификация поверхности

Тем не менее, эффективность производства низкая, производя 10 кг в месяц

2) Цена на углеродные нанотрубки составляет 1-25 долларов США. В проведенном мной эксперименте содержание углеродных нанотрубок, добавленных к нанокерамике диоксида циркония, составляло 0,1-10%. Целью является использование свойств углеродных нанотрубок для улучшения характеристик диоксида циркония. Добавьте небольшое количество углеродных нанотрубок к диоксиду циркония и ожидайте улучшения характеристик керамики из диоксида циркония по разумной цене.

В таблице 1 представлено сравнение разработок-конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических

критериев оценки эффективности.

Таблица 3.1.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Относительная плотность	0,1	5	3	3	0,2	0,12	0,12
2. Микротвердость	0,12	5	4	2	0,65	0,52	0,26
3. Трещиностойкость	0,05	5	1	5	0,2	0,05	0,25
4. Технологичность	0,04	5	5	5	0,15	0,15	0,15
5. Эффективность работы	0,05	5	2	2	0,3	0,12	0,12
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Реализация продукта	0,18	4	5	5	0,5	0,5	0,5
2. Уровень охвата рынка	0,05	4	5	3	0,12	0,15	0,09
3. Предполагаемая цена	0,14	5	5	3	0,4	0,4	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,12	5	3	4	0,4	0,24	0,32
5. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,06	5	4	5	0,15	0,12	0,15
6. Срок выхода на рынок	0,04	4	5	5	0,15	0,15	0,15
7. Наличие сертификации разработки	0,05	5	4	4	0,15	0,12	0,12
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>67</b>	<b>64</b>	<b>64</b>	<b>4,89</b>	<b>3,75</b>	<b>3,59</b>

В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что

предлагаемое в данной ВКР решение обладает конкурентоспособностью.

#### 4.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта проведен SWOT-анализ, где детально продуманы сильные и слабые стороны научно-технической разработки. На втором этапе проведения SWOT-анализа составлены интерактивные матрицы проекта, в которых осуществлено выполнение анализа соответствия параметров SWOT каждого с каждым. Соотношения параметров представлены в таблицах 2–5.

Таблица 3.1.2 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	-	+	-	-	-
	B3	-	+	-	+	-
	B4	-	+	-	+	-
	B5	+	+	-	-	-

Таблица 3.1.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	-	+	-
	B2	-	-	-	-	-
	B3	-	-	-	-	-
	B4	-	-	-	-	-
	B5	-	-	-	-	-

Таблица 3.1.4 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

<b>Сильные стороны проекта</b>						
<b>Угрозы проекта</b>		<b>С1</b>	<b>С2</b>	<b>С3</b>	<b>С4</b>	<b>С5</b>
	<b>У1</b>	+	+	-	-	-
	<b>У2</b>	-	-	-	-	-

Таблица 3.1.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

<b>Слабые стороны проекта</b>						
<b>Угрозы проекта</b>		<b>Сл1</b>	<b>Сл2</b>	<b>Сл3</b>	<b>Сл4</b>	<b>Сл5</b>
	<b>У1</b>	-	-	-	+	-
	<b>У2</b>	-	+	-	-	-

Результаты выполнения SWOT-анализа представлены в таблице 6.

Таблица 3.1.6 – Результаты SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b>
	<p>С1. Низкая стоимость исходного сырья</p> <p>С2. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции</p> <p>С3. Взаимосвязи ТПУ с потенциальными заказчиками</p> <p>С4. Экологичность технологии</p> <p>С5. Квалифицированный персонал</p>	<p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Невысокие объемы производства</p> <p>Сл3. Риск нарушения правил безопасности и возникновения различных непредвиденных ситуаций</p> <p>Сл4. Вероятность получения брака</p> <p>Сл5. Большой срок</p>

		поставок материала, используемого при проведении научного исследования
<p><b>Возможности</b></p> <p><b>В1.</b> Использование оборудования ИШНПТ ТПУ</p> <p><b>В2.</b> Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p><b>В3.</b> Внедрение технологии в производство</p> <p><b>В4.</b> Участие в грантах</p> <p><b>В5.</b> Выход на зарубежные рынки</p>	<p><b>Направления развития</b></p> <p><b>В2С2.</b> Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции позволит расширить спрос</p> <p><b>В3С2С4.</b> Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции и экологичность технологии являются основанием для внедрения технологии в производство</p> <p><b>В4С2С4.</b> Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции и экологичность технологии позволит участвовать в грантах</p> <p><b>В5С1С2.</b> Низкая стоимость исходного сырья и высокий уровень физико-механических свойств продукции является хорошим основанием для выхода на зарубежные рынки</p>	<p><b>Сдерживающие факторы</b></p> <p><b>В1Сл4.</b> Новейшее оборудование позволит на ранних стадиях исследование выявить и предотвратить появление брака</p>
<p><b>Угрозы</b></p> <p><b>У1.</b> Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок</p>	<p><b>Угрозы развития</b></p> <p><b>У1С1С2.</b> Более ускоренные темпы разработки и производства и поиск технологического решения для ускорения</p>	<p><b>Уязвимости:</b></p> <p><b>У2Сл2.</b> Разработка новых технологий для увеличения объема производства</p> <p><b>У1Сл4.</b> Введение систем</p>

У2. Разработка новых технологий конкурентами и снижение цен	технологического процесса	совершенствования производственных процессов для снижения брака
-------------------------------------------------------------	---------------------------	-----------------------------------------------------------------

Результаты проведенного SWOT-анализа учтены в процессе дальнейшей разработки структуры работ, которые необходимо выполнить в научно-исследовательском проекте.

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование работ предполагало определение структуры работ по проведению научного исследования, определение участников каждого вида работ, установление продолжительности работ, построение графика проведения исследований. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по выполнению НТР представлены в таблице 7.

Таблица 3.2.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и	5	Планирование	Инженер,



экспериментальные исследования		эксперимента	научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Проведение эксперимента	Инженер
	8	Обработка полученных данных	Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	9	Анализ полученных результатов НИР	Инженер
	10	Оценка эффективности результатов	Инженер
	11	Составление пояснительной записки	Инженер

#### 4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Определение трудоемкости выполнения научного исследования проведено экспертным путем в человеко-днях. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  использована следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (1)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни.

Исходя из рассчитанной ожидаемой трудоемкости работ, была определена продолжительность каждого этапа работы (в рабочих днях  $T_p$ ),

учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, а также возможность выполнения нескольких видов работ в один временной промежуток. Далее с помощью формулы 2 рассчитана продолжительность одной работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 3. 2.2

Таблица 3.2.2 – Временные показатели проведения научного исследования

Объясняю: календарные дни (последний столбик) рассчитываются по формуле: длительность в рабочих днях (второй столбик) умножить на коэффициент календарности (у нас это было 1,5). В общем, берёте цифру из предпоследнего столбика, умножаете ее на 1,5, округляете до целого числа и пишете в последнем столбике. Например:  $2,2 \times 1,5 = 3,3$  – округляем, равно 3 дня.  $21,6 \times 1,5 = 32,4$ , округляем, пишем 32

Название работы	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих	Длительность работ в календар-
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ожі}$ , чел-дни		

	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	ДНЯХ $T_{pi}$	НЫХ ДНЯХ $T_{ki}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	1		4		2,2		2,2	3
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	1	4	4	2,2	2,2	2,2	3
3. Обзор научной литературы		16		32		22,4	22,4	33
4. Выбор методов исследования		16		30		21,6	21,6	32
5. Планирование эксперимента		60		90		72	72	108
6. Подготовка образцов для эксперимента		16		30		21,6	21,6	32
7. Проведение эксперимента		4		8		5,6	4,2	6
8. Обработка полученных данных		4		8		5,6	4,2	6
9. Анализ полученных результатов НИР		6		18		10,8	10,8	16
10. Оценка эффективности результатов		14		20		16,4	16,4	24

11. Составление пояснительной записки		40		50		44	44	66
---------------------------------------	--	----	--	----	--	----	----	----

*Примечание:* Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 9).

Если умеете пользоваться диаграммами, то диаграмму Ганта можно сделать не таблицей, а диаграммой. Но тогда это будет не таблица, а рисунок (как у вашего консультанта в примере).

Таблица 3.2.3 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	3												
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	3												
3	Обзор научной литературы	Исп2	30												
4	Выбор методов исследования	Исп2	10												
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	8												
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9												
7	Проведение эксперимента	Исп2	10												

№	Вид работ	Исп	$T_{ki}$ кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
8	Обработка полученных данных	Исп1 Исп2	13												
9	Анализ полученных результатов НИР	Исп2	13												
10	Оценка эффективности результатов	Исп2	8												
11	Составление пояснительной записки	Исп2	13												

Примечание:

||||| – Исп 1 (научный руководитель)

▒ – Исп 2 (инженер)

### 4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением.

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты отражают стоимость приобретенных материалов и сырья, которые входят в состав вырабатываемой продукции,

образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при изготовлении продукции (таблица 10).

Таблица 3.3.1 – Затраты на получение  
Керамических композитах на основе  $ZrO_2$  ,армированные углеродными нанотрубками

Наименование статей	Кол-во/1 изд	Цена, руб./кг	Итого затраты, руб.
нанопорошок $ZrO_2$ ГОСТ 1314-23-4, кг	0,012	1789.55	21,47
<u>Многостенные нанотрубки</u> ГОСТ 68647-86-9, кг	0,000064	7158.20	0,46
<u>Одностенные нанотрубки</u> ГОСТ 68647-86-9, кг.	0,00064	3579.10	2,3
Вода дистиллированная ГОСТ 6709-72, л	1	14	14
Рукавицы специальные, термостойкие – 6 мес.	1	15	15
Мыло туалетное ГОСТ 28546- 2002 ГОСТ 790-89	1	35	35
Очки защитные ГОСТ Р 12.4.013-97, шт.	1	58	58
Перчатки резиновые, технические ГОСТ 20010-93, пар	1	12	12
Итого:			158,23

#### 4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов (таблица 3.3.2).

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	высокая точность платформа баланс	1	10	10	10
2	ультразвуковая вонна (EUMAX UD100SH2LQ 2л 100Вт)	1	10	12.9	12.9
3	Магнитная вонна (kms-151b)	1	5	21	21
4	Сушильная печь (СНО-3,5.7.3,5/4 И2 )	1	5	45	45
5	Пресса.ИП-500М-авто(ЗИПО),Россия	1	10	1716	1716
6	Высокотемпературная вакуумная печь Nabertherm VHT 8/22-GR (Германия)	1	10	200	200
7	шлифа Шлифовальный станок Ecomet 300pro (Buehler, Германия)	1	10	10	10
8	Микротвердомер KBW 1-50	1	10	5,9	5.9
9	Твердомер ТП-7р-1	1	10	129	129

10	Микроскоп СЭМ	1	20	71581	71581
<b>Итого:</b>	73730.8 тыс. руб.				

Таблица 3.3.2 – Затраты на оборудование

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n}, \tag{3}$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \tag{4}$$

где  $I$  – итоговая сумма, тыс. руб.;  $m$  – время использования, сутка.

Рассчитаем амортизацию для всех, с учётом, что срок полезного использования 10 лет:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{10} = 0,1. \tag{5}$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

Высокая точность платформа баланс:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,1 \cdot 10000}{12 \cdot 30} \cdot 1 = 2.8 \text{руб.} \tag{6}$$

Ультразвуковая вонна (EUMAX UD100SH2LQ 2л 100Вт:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,1 \cdot 12900}{12 \cdot 30} \cdot 1 = 3.6 \text{руб.} \tag{7}$$

Магнитная вонна (kms-151b):

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,2 \cdot 21000}{12 \cdot 30} \cdot 1 = 11.7 \text{руб.} \tag{8}$$



Сушильная печь (СНО-3,5.7.3,5/4 И2 )

$$A = \frac{H_A I}{12} .m = \frac{0,2 * 45000}{12 * 30} * 1 = 25 \text{руб.}$$

(9)

Пресса.ИП-500М-авто(ЗИПО),Россия1

$$A = \frac{H_A I}{12} .m = \frac{0,1 * 1716000}{12 * 30} * 1 = 477 \text{руб.}$$

(10)

Высокотемпературная вакуумная печь Nabertherm VHT 8/22-GR (Германия)

$$A = \frac{H_A I}{12} .m = \frac{0,1 * 200000}{12 * 30} * 1 = 55.6 \text{руб.}$$

(11)

Шлифа Шлифовальный станок Ecomet 300pro (Buehler, Германия)

$$A = \frac{H_A I}{12} .m = \frac{0,1 * 10000}{12 * 30} * 2 = 5.6 \text{руб}$$

(12)

Микротвертомер KBW 1-50

$$A = \frac{H_A I}{12} .m = \frac{0,1 * 59000}{12 * 30} * 1 = 16.4 \text{руб}$$

(13)

Твердомер ТП-7р-1

$$A = \frac{H_A I}{12} .m = \frac{0,1 * 129000}{12 * 30} * 1 = 35.8 \text{руб}$$

(14)

Микроскоп СЭМ

$$A = \frac{H_A I}{12} .m = \frac{0,05 * 71581000}{12 * 30} * 1 = 9942.8 \text{руб}$$

(15)

Суммарные затраты амортизационных отчислений:

$$A = 2.8 + 3.6 + 11.7 + 25 + 477 + 55.6 + 5.6 + 16.4 + 35.8 + 9942.8 = 10576.38 \text{руб}$$

#### 4.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной

плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата  $З_{осн}$  одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (16)$$

где  $З_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 8).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (17)$$

где  $З_m$  – должностной оклад работника за месяц;  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня –  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней –  $M = 10,3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.} \quad (18)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$З_m = З_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_d) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (19)$$

– для инженера:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (20)$$

где  $З_{\text{мс}}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;  $k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;  $k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;  $k_p$  – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 3.3.3 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 3.3.4 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$З_{\text{мс}}, \text{руб}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_p$	$З_{\text{м}}, \text{руб}$	$З_{\text{дн}}, \text{руб}$	$T_p, \text{раб.дн.}$	$З_{\text{осн}}, \text{руб}$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	27	57977,1
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	110	191741
Итого:								249718,1

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

$$\text{– для руководителя: } 8696,57 \text{ руб.} \quad (4.12)$$

$$\text{– для инженера: } 28761,15 \text{ руб.}, \quad (4.13)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 15% от основной заработной платы.).

#### 4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды входят обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (5.12)$$

где  $k_{внеб}$  — коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2020 г. в соответствии со статьей 425 НК РФ установлен размер страховых взносов равный 30%.

#### **4.3.5 Накладные расходы**

Для учета накладных расходов нужно учесть расходы на содержание аппарата управления и общехозяйственных (общеуниверситетских) служб, которые в равной степени относятся ко всем выполняемым НИ. По этой статье учитываются оплата труда административно-управленческого персонала, содержание зданий, оргтехники и хозинвентаря, амортизация имущества, расходы по охране труда и подготовке кадров.

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{np}, \quad (5.14)$$

где  $k_{np}$  — коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

#### 4.3.6 Расчет бюджетной стоимости

Таблица 3.3.5 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
1057,38	158,23	249718,1	37457,715	86152,74	384063,14	61450,1	445513,24

#### 4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

**Интегральный показатель финансовой эффективности** научного исследования получен в ходе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НТР рассмотрены:

- 1) 1) Варианта 1 :в Китае экспериментальная стоимость статьи
- 2) Варианта 2: в США Экспериментальная стоимость статьи

Интегральный финансовый показатель вариантов выполнения проектируемого объекта определялся по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{Var.i}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}},$$

(26)

где  $I_{\text{финр}}^{\text{Вар.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{вар}1} = 445513,24/693447,8=0,64$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{вар}2} = 693447,8/ 693447,8 =1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{вар}3} = 676111,57/693447,8=0,97$$

В результате расчета интегрального финансового показателя по трем вариантам разработки вариант 3 с небольшим перевесом признан более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

**Интегральный показатель ресурсоэффективности** вариантов выполнения НТР ( $I_{pi}$ ) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 15).

Таблица 3.4.1 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НТР

<b>Объект исследования Критерии</b>	<b>Весовой коэффициент параметра</b>	<b>Вар.1</b>	<b>Вар.2</b>	<b>Вар.3</b>
1. Безопасность при использовании установки	0,15	3/0.45	3/0.45	5/0.45
2. Стабильность работы	0,15	3/0,45	4/0,6	5/0,75
3. Технические характеристики	0,15	3/0,45	4/0,6	5/0,75
4. Ремонтопригодность	0,20	4/0.8	4/0.8	5/1
5.Материалоемкость	0.15	3/0.45	3/0.45	3/0.45
6.Энергосбережение	0.20	5/1	3/0.6	5/1

ИТОГО	1	20/3.4	21/3.5	28/4,4
-------	---	--------	--------	--------

$$I_{p-вар1} = 3,4;$$

$$I_{p-вар3} = 3,5.$$

$$I_{p-вар2} = 4,4;$$

На основании полученных интегрального финансового показателя и интегрального показателя ресурсоэффективности был рассчитан интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{вари}$ ) по формуле:

$$I_{вари} = \frac{I_{p-вари}}{I \frac{вари}{финр}}. \quad (27)$$

$$I_{вар1} = \frac{3.4}{1} = 1$$

$$I_{вар2} = \frac{3.5}{0.978} = 3.6$$

$$I_{вар3} = \frac{4.4}{0.975} = 4.5$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НТР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 16).

Таблица 3.4.2 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
----------	------------	--------	--------	--------

1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.64	1	0,975
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,4	3,5	4,4
3	Интегральный показатель эффективности	3,4	3,6	4,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	$\text{Var.1/Var.2} = 0,97$ $\text{Var. 1/Var. 3} = 0.79$	$\text{Var. 2/Var. 1} = 1.03$ $\text{Var. 2/Var. 3} = 0.82$	$\text{Var. 3/Var. 1} = 1,27$ $\text{Var. 3/Var. 2} = 1,22$

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 3 (данная разработка), т. к. показатель его сравнительной эффективности по отношению к каждому из сравниваемых вариантов больше 1.

### **Выводы по разделу**

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом проведенного анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НТР как наиболее предпочтительного и рационального по сравнению с остальными.

2. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работы –



127 дней; общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер, – 110; общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель, – 27;

3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют **445513,24** руб;

4. По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,64, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,5, по сравнению с 3,4 и 3,6;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,5, по сравнению с 3,4 и 3,6, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

## **Глава 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

Понятие «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте ICCSR26000:2011 «Социальная ответственность организации». В нём рассматриваются вопросы соблюдения прав персонала на труд, выполнения требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению. В соответствии со стандартом целями составления настоящего раздела является принятие проектных решений, исключающих несчастные случаи в производстве, и снижение вредных воздействий на окружающую среду.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

На работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, выдаются прошедшие обязательную сертификацию или декларирование соответствия средства индивидуальной защиты в соответствии с типовыми нормами, утвержденными в порядке, установленном Правительством Российской Федерации. [Статья 221 ТК РФ] Для предупреждения заболеваний, связанных с работой на станке необходима рациональная организация труда и отдыха, которая нормируется в соответствии с санитарными правилами. [СанПиН 2.2.2.542-96.]

Так как данный вид работ подразумевает возможное наличие угроз жизни и здоровья (таких как работа в запылённом помещении, работа с горячим металлом, работа с подвижными частями механизмов), следует обеспечить работника всеми необходимыми мерами защиты – рабочими перчатками, для уменьшения травм от острых краёв металла; очками, для исключения попадания инородных тел в глаза и область глаз; спец. одеждой, как мерой индивидуальной защиты работника и другими средствами защиты в зависимости от выполняемой человеком работы. Каждому работнику

должно быть предоставлено рабочее место с учётом специфики работы – если это сборочное место, то оно должно быть оснащено всем необходимым для сборки инструментом, должно быть удобным и освещённым в зависимости от размера собираемой детали; если это место работника-токаря, то рядом должны находиться инструментальные шкафы со всем необходимым инструментом, перед станком должна быть ровная и удобная поверхность, уровень света должен быть достаточен для работы. Рабочее помещение должно оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточно-вытяжной вентиляцией.

Помещения должны иметь естественное и искусственное освещение.

Для внутренней отделки интерьера помещений должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка — 0,7-0,8; для стен — 0,5-0,6; для пола — 0,3-0,5.

Поверхность пола в рабочем помещении должна быть ровной, без выбоин, нескользкой, удобной для очистки и влажной уборки, обладать антистатическими свойствами. В помещении должны находиться аптечка первой медицинской помощи. Взрывоопасные и легковоспламеняющиеся материалы должны находиться на расстоянии не менее 5 м от места сварки; их необходимо закрывать огнестойкими материалами (асбест и т. д.).

## **5.2 Производственная безопасность**

4.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут представлять собой объект исследования.

Результатом анализа является то, что на работу исследователей влияют следующие вредные факторы:

- Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания;
- Недостаточная освещенность рабочей зоны
- Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание

которой может произойти через тело человека

Для идентификации потенциальных факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015. Перечень выявленных возможных опасных и вредных факторов представлен в таблице 3.

Таблица 3– Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разраб отка	Изгото вление	Эксплу атация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 ГОСТ 12.1.005-88
2. Превышение уровня шума		+		ГОСТ 12.1.003-2014 ГОСТ 12.1.029-80 СН 2.2.4/2.1.8.562-96
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 СП 52.13330.2016
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 СП 52.13330.2016
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 ГОСТ 12.1.038-82
6. Движущиеся объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы)		+		ГОСТ 12.2.003-91 ГОСТ 12.3.002-2014 ГОСТ 12.4.011-89
7. Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания		+		ГОСТ 12.1.005-88 ГН 2.2.5.3532-18 СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4

### 5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Неустойчивая звуковая вибрация, уникальная для исследовательского процесса, будет оказывать вредное воздействие на организм человека. Реакция нервной системы на них начинается с уровня 40 дБ. Могут наблюдаться нарушения сна в 35 дБ. На уровне 70 дБ нервная система претерпела глубокие изменения, включая психические заболевания и заболевания, такие как изменения зрения, слуха и состава крови.

Таблица 5 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Таблица 5

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

Шум снизит производительность, особенно при выполнении работ.

Механизм снижения разборчивости речи. Нестабильные звуковые колебания могут негативно повлиять на организм человека и даже вызвать шумовые заболевания, для которых характерны потеря слуха, высокое кровяное давление (гипотония) и головные боли.

Во время эксперимента из-за использования вытяжных шкафов, ультразвуковых инструментов и т. д. Люди длительное время подвергаются воздействию среды, превышающей 80 дБ, что может серьезно помешать работе лаборанта. Есть много осложнений.

### 5.2.1.2 Электрический ток

Номинальное напряжение и частота лабораторного оборудования составляют 220 В, 40–60 Гц и ниже. Поэтому для требований к источнику питания ток представляет собой переменный ток, а номинальное сопротивление заземления составляет 30 Ом. Режим электропитания является эксклюзивным для электростанции. Нейтральный режим электропитания - это в основном режим заземления, а некоторые - режим изоляции. Из-за небольшой площади лаборатории и большого и сложного в перемещении лабораторного оборудования тип источника питания является фиксированным, а лаборатория закрыта. Следовательно, экспериментальный источник питания не увеличивает степень опасности условий труда.

Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) производственное помещение относится к категории: помещение с повышенной опасностью.

Согласно стандарту, влажность воздуха в лаборатории не достигает 75%, она оборудована системой вентиляции и деревянным полом с подогревом, поэтому лаборатория относится к помещению без повышенной опасности.

Таблица 6 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

Род тока	$U$ , В	$I$ , мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Экспериментальные таблицы, используемые в этом эксперименте, в основном представляют собой экспериментальные таблицы по дестатизации металла, поскольку разработанные лабораторией проекты в основном состоят из наночастиц и сложных исследовательских инструментов. Вред от

статического электричества оказывает большое влияние на характер экспериментальных материалов и точность экспериментальных инструментов опасности.

Однако этот вид металлического экспериментального стола очень полезен для распределения тока. Максимальное значение напряжения и тока касания очень мало из таблицы. Экспериментальный прибор обычно используется для 110 В переменного тока, поэтому небольшая утечка вызовет экспериментатор. Жизнь и здоровье наносят большой вред. Например, после того, как ток проходит через тело, он может заставить мышцы сокращаться и производить движения, вызывая механические повреждения. Тепловые и химические воздействия тока могут вызвать ряд внезапных патологических изменений и нанести серьезный вред организму, особенно ток, протекающий через сердце, который чрезвычайно вреден для сердца. Очень маленькие токи могут вызвать фибрилляцию желудочков, что приводит к смерти.

#### **5.2.1.3 Загрязнение воздушной среды в зоне дыхания**

Опасность нанопорошки диоксида циркония. Из-за необходимости взвешивать и наблюдать экспериментальные материалы во время эксперимента, неизбежно, что порошок наноматериала будет подвергаться воздействию экспериментальной среды с потоком воздуха в лаборатории, и наноматериал неизбежно будет диффундировать в воздух. Кожа является важной барьерной системой для человека для блокирования экзогенных веществ, которая может эффективно предотвращать попадание макроскопических частиц в организм человека через кожу, но наночастицы с чрезвычайно малыми размерами частиц могут полностью проникнуть в организм человека путем простой диффузии или проникновения.

## **5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего**

### **5.2.2.1 Снижение уровня шума на рабочем месте**

Есть два способа уменьшить шум в лаборатории:

1. Когда экспериментаторы проводят эксперименты с шумом, они будут носить специальные шумовые наушники. Этот метод может эффективно уменьшить влияние экспериментатора на шум, так что экспериментатор может работать в течение длительного времени, но ношение гарнитуры в течение длительного времени приведет к повреждению органов слуха экспериментатора, таких как покраснение и износ.

2. Изолируйте экспериментальное оборудование от шума и установите антишумовое стекло. Однако из-за большого количества лабораторных приборов площадь одного экспериментального прибора слишком велика для реализации.

### **5.2.2.2 Обеспечение электробезопасности**

Экспериментальный стол обычно снабжен проводом заземления. Чтобы предотвратить повреждение изоляции электрооборудования или ток утечки, открытые проводящие части, которые обычно не заряжены, заряжаются и вызывают поражение электрическим током. Заземление открытых проводящих частей оборудования называется противоударным заземлением. Этот тип заземления также может ограничивать высокое напряжение, вызванное скачками напряжения в линии или низковольтными линиями и оборудованием из-за проникновения высокого напряжения, и при возникновении сбоя в электропитании устройство защиты от перегрузки по току способствует отключению питания. Антистатическое заземление вводит статический заряд в землю, чтобы предотвратить вред для человеческого тела



и оборудования из-за накопления статического электричества. В частности, многие интегральные схемы в настоящее время используются в электронных устройствах, и интегральные схемы подвержены сбоям, вызванным статическим электричеством, которое может предотвратить повреждение интегральных схем после заземления.

#### **5.2.2.3 Мероприятия по снижению уровня загрязнения воздушной среды в зоне дыхания**

Способы эффективного снижения концентрации наноматериалов в экспериментальной среде:

1. Перед началом эксперимента экспериментатор носит специальную маску, которая может эффективно уменьшить количество наночастиц в воздухе, попадающем в дыхательные пути человека. Носите лабораторную одежду и перчатки. Лабораторные перчатки могут препятствовать прикреплению лабораторных материалов к поверхности кожи человека и своевременно очищать тело после проведения теста.

2. Коренные научные эксперименты доказывают, что определенные растения могут эффективно поглощать наноматериалы в лабораторном воздухе и эффективно очищать экспериментальную среду после эксперимента.

3. Своевременно определять концентрацию вредных веществ в лаборатории, и экспериментатор, удаляющий избыточную концентрацию, должен незамедлительно вывести и обработать лабораторию.

#### **Анализ освещенности рабочей зоны**

Недостаточная освещенность может вызвать утомление глаз исследователя, что не только повышает порог визуального разрешения, но и расширяет зрачки: расширенные зрачки образуют большой диффузный круг на сетчатке,

что делает симптомы пресбиопии более очевидными. Сильные причины головные боли для исследователей. В лаборатории эффект ослепления и соотношение яркости источника света не очень хорошо сбалансированы в лаборатории. Импульсное освещение также может вызывать головные боли. Для газоразрядных ламп это в основном связано с использованием электромагнитных балластов с частотой 50 Гц.

Таблица 7 - это стандарт лабораторного освещения.

Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г – горизонтальна я, В – вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное  освещение  КЕО e <sub>n</sub> , %		Совмещенное  освещение  КЕО e <sub>n</sub> , %		Искусственное освещение				
	При верхнем  или комбини рованно  м освещен  ии	при  боковом освещен  ии	При верхнем  или комбиниру ванном освещении	при  боково м освеще  нии	Освещенность, лк		Показате  ль  дискомфо рта, М,  не более	Коэффици  ент  пульсации освещенн ости, КЕО e <sub>n</sub> , %, не  более	
					при  комбинирова  нном освещении	при  общем освеще  нии			
					всег  о	от общег  о			
Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400	40	10

таблице 8 приведены различные типы спецификаций освещения для промышленных объектов (для категории VГ).

Искусственное освещение				
Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин объединенного показателя дискомфорта UGR и коэффициента пульсации	
при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения	UGR, не более	К <sub>п</sub> , %, не более
Всего	В том числе от общего			
-	-	200	25	20

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10 [67] и СП 52.13330.2016 [62] норма освещенности для научно-технических лабораторий для естественного бокового освещения КЕО=1,2 %, для совмещенного освещения КЕО=2,1 %. Для искусственного освещения при общем освещении норма 300-500 лк, при коэффициенте пульсации не более 10 %

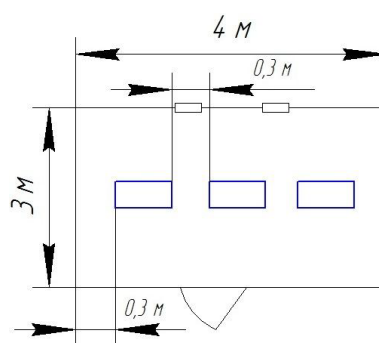


Рисунок 5,1 – План размещения светильников

Коэффициенты отражения светового потока от потолка, стен, соответственно равны:

$q_{\text{п}} = 70 \%$ ,  $q_{\text{с}} = 50 \%$ ,  $q_{\text{з}} = 10 \%$ . Уровень от рабочей поверхности до потолка составляет:

$$H = h - h_{\text{п}} - h_{\text{с}},$$

$$H = 3 - 0,80 - 0 = 2,20 \text{ м,}$$

где  $h$  – высота потолков, м;

$h_p$  – высота рабочей поверхности, м;

$h_c$  – расстояние светильников от перекрытия, м.

Для освещения используются светильники типа ОД мощностью 40 Вт, для которых оптимальность расположения светильников составляет  $\lambda = 1,4$ .

Расчетная длина между двумя рядами светильников:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,2 = 3,08 \text{ м.}$$

Число рядов светильников:

$$n = B/L = 3/3,08 = 0,97,$$

где  $B$  – ширина помещения, м.

Выбираем  $n = 1$  ряд светильников. Тогда индекс освещения:

$$i = \frac{S}{H \cdot (A + B)} = \frac{12}{1 \cdot (4 + 3)} = 1,7.$$

Коэффициент использования светового потока  $\eta = 43 \%$ .

Световой поток лампы ЛБ составляет  $F_0 = 2480$  лм. Тогда световой поток светильника ОД, состоящего из двух ламп  $F = 4960$  лм.

Необходимое число светильников в ряду:  $\frac{6210 \text{ лм}}{4265,6 \text{ лм}} \approx 3$ .

Далее рассчитывается фактическое освещение в помещении.

Число светильников в ряду 3 (число ламп 2):

$$\Phi = 2850 \cdot 3 \cdot 2 = 17100 \text{ лм.}$$

Фактическое освещение в помещении  $\Phi = 17100$  лм для одного ряда светильников, т. е. для трех светильников с двумя лампами. Рассчитывается

фактическое значение освещения в помещении по формуле:

$$E_{\text{факт}} = \frac{N \cdot \eta \cdot \Phi}{S \cdot K_3 \cdot Z \cdot 100\%} = \frac{4960 \cdot 3 \cdot 43\%}{12 \cdot 1,5 \cdot 1,15 \cdot 100\%} = 309 \text{ лк.}$$

Согласно расчётам, фактическое значение освещения укладывается в диапазон освещённости искусственным светом 300-500 лк:  $E_{\text{факт}} = 309 \text{ лк}$

Для правильного освещения рабочего места необходимо верно выбрать вид освещения, количество и расположение ламп, тип осветительных приборов. В лаборатории используются люминесцентные лампы, расположенные на потолке в виде прерывистых линий. Расположенное в лаборатории освещение обеспечивает достаточную освещённость рабочей поверхности, освещённость стабильная, без блёскости и без теней.

При необходимости выполнения более тонких зрительных работ используется имеющееся в лаборатории дополнительное местное освещение (светильники, настольные лампы).

Специальное оборудование для лабораторных исследований (твердомер) снабжено встроенным осветительным прибором

### **Анализ пожарной безопасности**

Помещение относится к категории пожароопасности В».

Главное предназначение любого современного типа огнетушителей – это тушение огня с помощью подачи специального огнетушащего состава, который в дальнейшем нами будет обозначаться аббревиатурой – ОТВ.

К основным веществам для локализации и устранения пожаров можно причислить: пену, воду, всевозможные химические и порошковые компоненты, а также газовые соединения.

Легковоспламеняющиеся и взрывоопасные материалы, такие как спирт, порошок, пластик и т.д. необходимы для экспериментов в лаборатории,

поэтому потенциальные угрозы безопасности выше: каждая лаборатория оснащена как минимум двумя порошковыми моделями огнетушителей с порошковым покрытием. Сухой порошковый огнетушитель использует общий тип Огнетушитель порошковый Ярпожинвест ОП-4 (3).

Изделие быстро справится с пожарами:

А-класса (твёрдых горючих веществ);

В-класса (жидких горючих веществ);

С-класса (газообразных горючих веществ);

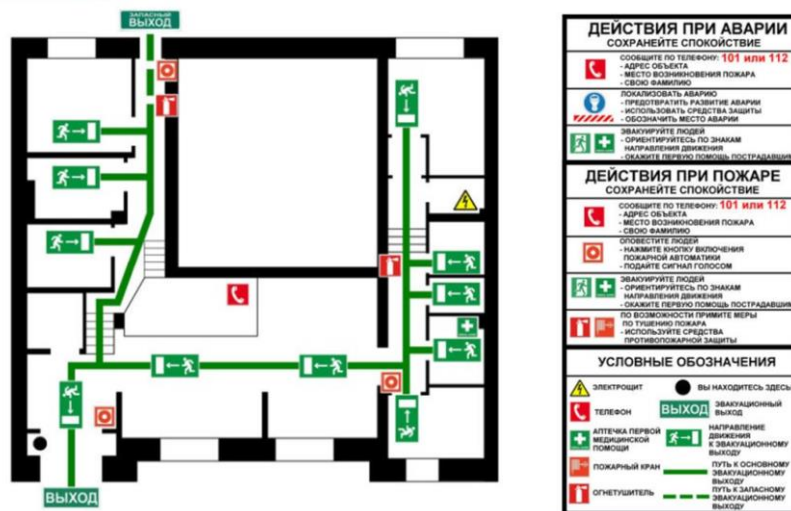
электроустановок, подлежащих напряжению до 1 000 В.

Если вы обнаружите пожар или его признаки, немедленно сообщите об этом в пожарную службу по телефону 01. В этом случае мы сообщим точный адрес с указанием количества этажей здания, места пожара, пожара и присутствия персонала. Включите в систему пожарной сигнализации и сообщите об этом руководителю агентства или его замещающим сотрудникам.

Экспериментатор спокойно проинформировал все комнаты и весь персонал об аварийной эвакуации.

При обнаружении сигнала пожара или предупреждения все люди должны быть выведены из здания из коридора и немедленно покинуть здание. Не используйте лифты.

С момента обнаружения пожара мы организовали и осуществили пожаротушение для сотрудников организации, которая не эвакуировалась. При тушении пожаров используйте все имеющиеся на объекте средства пожаротушения.



План эвакуации при пожаре в лаборатории

### 5.3 Экологическая безопасность

Проанализировать возможное влияние объекта исследования на окружающую среду.

Наиболее распространенным загрязнителем во время эксперимента являются отходы. В процессе очистки экспериментальной посуды, отходов и одноразовой посуды произойдет загрязнение окружающей среды. После использования в лаборатории вода загрязняется различными примесями и становится лабораторными сточными водами. Многие вещества, которые загрязняют сточные воды, являются токсичными для окружающей среды. Качественный и количественный состав сточных вод и их расход зависят от характера экспериментального процесса.

Сточные воды в основном содержат наночастицы, кислоты, щелочи, поверхностно-активные вещества и т. д.

Причины принятия мер по защите окружающей среды.

Очистка экспериментальных сточных вод в наноэкспериментах представляет собой сложную систему, содержащую органические и

минеральные вещества, состав которых зависит от характера процесса.

Очистка сточных вод в лаборатории осуществляется механическими и биологическими методами.

Для проведения предварительной очистки сточные воды сначала проходят через решетку, а затем проходят через отстойник, чтобы осадить сточные воды от примесей в песочном резервуаре, отстойнике, гидроциклоне и осветителе. Песчаные пруды используются для первоначальной изоляции минералов и органических загрязнителей. Эффект осадков достигает 60%. Для отделения жидких веществ от сточных вод используется сетчатая фильтрация. Суть биологической очистки заключается в окислении и абсорбции загрязняющих веществ микроорганизмами и растениями в определенных зонах.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Анализ возможных аварийных ситуаций, которые может инициировать объект исследования.

Основные причины возникновения аварийных ситуаций в лаборатории:

- Физический износ технических средств,
- Техническая сложность,
- Нарушение правил эксплуатации
- terrorism,
- Неисполнение правил личной безопасности.

Аварии в лаборатории приводят к возникновению экспериментальных аварийных ситуаций. Наиболее распространенными причинами являются следующие причины несоблюдения руководств по лабораторной



безопасности:

Внимание экспериментатора не сфокусировано, и инструмент не включается в зависимости от операции, его неправильное понимание сигнала экспериментального инструмента не согласуется с работой других экспериментаторов. Лабораторная среда не очень хорошая. Старение и повреждение экспериментального оборудования не были отремонтированы вовремя.

Анализ чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть на рабочем месте во время обучения.

Основными источниками возможных аварийных ситуаций в лаборатории являются:

- несоблюдение правил личной безопасности;
- значение напряжения цепи увеличивается, и его замыкание может происходить через организм человека;
- лабораторный аппарат;
- Мобильные машины, учреждения, оборудование и их элементы;
- Случайный сброс экспериментальных материалов;
- Экспериментальное оборудование не было отключено во время технического обслуживания;

Подтвердить меры по предотвращению аварийных ситуаций и сформулировать процедуры действий в аварийных ситуациях.

На уровне объекта основными превентивными мерами по предотвращению чрезвычайных ситуаций и уменьшению их размеров при их возникновении являются:

Периодически проверять техническое состояние, состав и дополнительное

оборудование экспериментального оборудования. Устранение неполадок во времени.

-Все экспериментаторы соблюдают правила эксплуатации и правила безопасной работы в лаборатории.

-Прогнозировать возможную аварийную ситуацию, ее размеры и характер;

-Обеспечить защиту экспериментаторов и других лиц от возможных факторов ущерба, включая вторичные факторы;

-Повысить прочность и устойчивость наиболее важных элементов объекта, улучшить процесс;

-Повысить стабильность материалов и технологий поставок;

-Повысить стабильность управления, связи и сигнализации;

-Создание страховых фондов для конструкторских, технических и эксплуатационных документов для обеспечения их сохранности;

-Подготовка к аварийно-спасательным и другим аварийным работам, восстановление нарушенных систем производства и жизнеобеспечения.

### **Заключение или выводы по разделу**

В данной статье рассматривается экологическая безопасность и защита в чрезвычайных ситуациях. Следовательно, можно определить, что рабочее место соответствует стандартам защиты от вредных и опасных факторов, и в то же время при работе следует соблюдать правила утилизации отходов. Он также соответствует правовым стандартам и имеет соответствующую планировку рабочей зоны.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные керамические материалы имеют высокую твердость и превосходную химическую стойкость и термостойкость, но из-за низкой трещиностойкости их механическая надежность обычно очень низкая. Однако добавление углеродных нанотрубок в керамическую матрицу может препятствовать дальнейшему развитию трещин во время разрушения керамики из диоксида циркония, тем самым повышая трещиностойкость. Небольшое количество ОУНТ и МУНТ может эффективно улучшить трещиностойкость, плотность и микротвердость материала, но при больших добавках углеродных нанотрубок свойства керамических материалов могут быть ухудшены.

Установлено, что ОУНТ являются предпочтительным материалом для армирования керамики  $ZrO_2$ , т.к. в таких композитах более высокая плотность, не формируется примесных фаз и повышенные микротвердость и трещиностойкость.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Лю Хаоце, Ли Цзин, Леонов А.А. Влияние типа УНТ на уплотнение, фазовый состав и физико-механические свойства композитов на основе  $ZrO_2$ , полученных свободным спеканием // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Стромберга, г. Томск, 21-24 сентября 2020 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2020. – С. 140-141.
2. Леонов А.А., Ли Цзин, Лю Хаоце. Упрочнение диоксида циркония одностенными и многостенными углеродными нанотрубками // Графен и родственные структуры: синтез, производство и применение: материалы III Международной научно-практической конференции, Тамбов, 13-15 ноября 2019 г. – Тамбов: Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2019. – С. 78-79.
3. Леонов А.А., Лю Хаоце, Ли Цзин, Пайгин В.Д. Упрочнение циркониевой керамики многостенными углеродными нанотрубками // Современные материалы и технологии новых поколений: сборник научных трудов II Международного молодежного конгресса, г. Томск, 30 сентября - 5 октября 2019 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – С. 121-123.
4. Леонов А.А., Пайгин В.Д., Лю Х., Ли Ц. Композиционный материал на основе диоксида циркония, упрочненный углеродными нанотрубками // Графен: молекула и 2D кристалл: программа и тезисы докладов третьей российской конференции, г. Новосибирск, 5-9 августа 2019 г. – Новосибирск: ИНХ СО РАН, 2019. – С. 71-72.
5. Леонов А.А., Лю Х.Ц. Исследование размерных характеристик нанопорошка диоксида циркония // Высокие технологии в современной науке и технике: сборник научных трудов VI Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Томск, 27-29 ноября 2017. - Томск: Изд-во ТПУ, 2017 - С. 72-73.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Garvie R.C., Hannink R.H., Pascoe R.T.. Ceramic steel[J]. Nature, 1975,258(5537):703-704.
- [2] Gupta N., Mallik P., Basu B.. Y-TZP ceramics with optimized toughness: new results[J]. Journal of Alloys & Compounds, 2004,379(1):228-232.
- [3] 詹瑛瑛, 蔡国辉, 肖益鸿, 等. 二氧化锆相结构的漫反射光谱表征: 全国分子光谱学 学术会议, 2002[C].
- [4] 黄妹琳, 白凌云, 向军淮, 等. 二氧化锆复合材料的性能与二氧化锆晶型的关系[J]. 文理导航(下旬), 2014(27):18-20.
- [5] 黄勇, 何锦涛, 马天. 氧化锆陶瓷的制备及其应用 [J]. 稀有金属快报, 2004(06):11-17.
- [6] 宋文植, 尹万忠, 刘晓秋, 等. 牙科氧化锆纳米复合陶瓷的制备[J]. 口腔医学研究, 2009(02):185-188.
- [7] Paolo F.M., Pierfrancesco R.I., Luca R.. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications[J]. Journal of Dentistry, 2007, 35(11):819-826.
- [8] Ruiz L., Readey M.J.. Effect of Heat Treatment on Grain Size, Phase Assemblage, and Mechanical Properties of 3mol.% Y-TZP[J]. Journal of the American Ceramic Society, 2010,79(9):2331-2340
- [9] 金志浩, 王笑天. 陶瓷材料的韧化及其增韧机理(一)——ZrO<sub>2</sub> 增韧陶瓷的研究进展 [J]. 兵器材料科学与工程, 1987(11):1-10.
- [10] 张林, 范仕刚. ZrO<sub>2</sub> 增韧陶瓷的研究进展[J]. 现代技术陶瓷, 2002(04):23-26.
- [11] 闫洪, 窦明民, 李和平. 二氧化锆陶瓷的相变增韧机理和应用[J]. 陶瓷学报, 2000, 21(1):46-50
- [12] 周玉. 陶瓷材料学-第2版[M]. 2004.
- [13] 谭清华, 吴爱军, 张亚栋, 等. 添加剂对高纯氧化锆制品烧结性能的影响[J]. 耐火材料, 2009, 43(1):45-47.
- [14] Duh J.G., Dai H.T., Chiou B.S.. Sintering, Microstructure, Hardness, and Fracture Toughness Behavior of Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CeO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub>[J]. Journal of the American Ceramic Society, 2010, 71(10):813-819.
- [15] 陈黎亮, 贾成厂. 各种添加剂对 ZrO<sub>2</sub> 性能的影响 [J]. 粉末冶金技术, 2008(02):138-144. 56
- [16] Tsukuma K., Shimada M.. Strength, fracture toughness and Vickers hardness of CeO<sub>2</sub>-stabilized tetragonal ZrO<sub>2</sub> polycrystals (Ce-TZP)[J]. Journal of Materials Science, 1985, 20(4):1178-1184
- [17] Ravi Kiran Chintapalli, Fernando Garcia Marro., Ben Milsom., Michael Reece., Marc Anglada. Processing and characterization of high-density zirconia-carbon nanotube

- composites Rev., 549 (2012), pp. 50-59
- [18] A. Kasperski, A. Weibe, D. Alkattan, C. Estournès, Ch. Laurent, A. Peigney. Double-walled carbon nanotube/zirconia composites: Preparation by spark plasma sintering, electrical conductivity and mechanical properties ISS 10 partA 41(2015) PP13731-13738
- [19] Mehdi Mazaheri., Daniele Mari., Zohreh Razavi., Hesabi Robert., Schaller Gilbert Fantozzi. Multi-walled carbon nanotube/nanostructured zirconia composites: Outstanding mechanical properties in a wide range of temperature ISS 7 partA 71(2011) PP939-945
- [20] Latifa Melk., Joan J. Roa Rovira., Fernando García-Marro., Marta-Lena Antti., Ben Milsom., Michael J. Reece., Marc Anglada. Nanoindentation and fracture toughness of nanostructured zirconia/multi-walled carbon nanotube composites ISS 2 partA 41(2015) PP2453-2461
- [21] Annamária Duszová., Ján Dusza., Karol Tomášek., Gurdial Blugan., Jakob Kuebler. Microstructure and properties of carbon nanotube/zirconia composite ISS 5 28(2008) PP1023-1027
- [22] ВНЭ 5-79. Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий химической промышленности (утв. Министерством химической промышленности 25 июля 1979 г.).
- [23] ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (утв. 30.04.2003, с изменениями на 13.07.2017).
- [24] ГН 2.1.6.2309-07. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (утв. 19.12.2017, с изменениями на 21.10.2016).
- [25] ГН 2.1.6.3492-17. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений (утв. 22.12.2017, с изменениями на 31.05.2018).
- [26] ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 13.02.2018 № 25).
- [27] ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (дата введения: 01.03.2017).
- [28] ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (дата введения: 01.11.2015).
- [29] ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (дата введения: 01.01.1989).
- [30] ГОСТ 12.1.019-2017. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (дата введения: 01.01.2019).

- [31] ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация (дата введения: 01.07.1981).
- [32] ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов (дата введения: 01.07.1983).
- [33] ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности (дата введения: 01.01.92).
- [34] ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979).
- [35] ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979).
- [36] ГОСТ 12.3.002-2014. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности (дата введения: 01.07.2016).
- [37] ГОСТ 12.4.011-89. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация (дата введения: 01.07.1990).
- [21] Куликов Г.Б. Безопасность жизнедеятельности: учебник. – М.: МГУП, 2010. – 408 с.
- Назаренко О.Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 144 с.
- [38] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий (дата введения: 15.06.2003).
- [39] СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 1 октября 1996 г.).
- [40] СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г.).
- [41] СП 2.2.1.1312-03. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий (утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 22 апреля 2003 г.).
- [42] СП 2.2.2.1327-03. Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту (утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 23 мая 2003 г.).
- [43] СП 52.13330.2016. *Естественное и искусственное освещение*. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* (дата введения: 08.05.2017).
- Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 02.12.2019).
- [44] ГОСТ 12.1.007-76.ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (дата введения: 01.01.1977).

[44] Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"» от 10.07.2012 № 117-ФЗ.